

Emanuelle Fabricio

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO A LONGO PRAZO DO SEGMENTO
MONITORADO DA RODOVIA SC-415 / ITAPOÁ**

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em
Engenharia Civil do Centro Tecnológico da
Universidade Federal de Santa Catarina como
requisito para a obtenção do Título de
Bacharel/Licenciado em Engenharia Civil
Orientador: Prof. Dr. Glicério Trichês

Florianópolis

2018

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Fabricio, Emanuelle
AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO A LONGO PRAZO DO SEGMENTO
MONITORADO DA RODOVIA SC-415 / ITAPOÃ / Emanuelle Fabricio
; orientador, Glicério Trichês, 2018.
189 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico,
Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, 2018.

Inclui referências.

1. Engenharia Civil. 2. Pavimentos flexíveis. 3.
Avaliação funcional. 4. Avaliação estrutural. I. Trichês,
Glicério. II. Universidade Federal de Santa Catarina.
Graduação em Engenharia Civil. III. Título.

Emanuelle Fabricio

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO A LONGO PRAZO DO SEGMENTO
MONITORADO DA RODOVIA SC-415 / ITAPOÁ**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado aprovado para obtenção do título de “Engenheira Civil” e aprovado em sua forma final pelo Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 19 de novembro de 2018

Banca Examinadora:



Prof. Dr. Glicério Trichês
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina

Profa. Dr. Liseane P. Thives
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. João Victor Staub de Melo
Universidade Federal de Santa Catarina

Dedico este trabalho aos meus pais, João Romeu Fabricio e Marli Teresinha Viot Fabricio e à minha irmã, Gabriela Fabricio.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar gostaria de agradecer aos meus pais, João Romeu Fabricio e Marli Teresinha Viot Fabricio, e também à minha irmã, Gabriela Fabricio. Vocês foram fundamentais para que eu me tornasse a pessoa que sou hoje, sempre se esforçando ao máximo para que eu tivesse condições de alcançar meus objetivos e me lembrando de ser humilde e batalhadora. Vocês são meu exemplo e tenho muito orgulho de fazer parte dessa família. Obrigada por acreditarem em mim, amo vocês.

Em seguida, gostaria de agradecer aos meus avós, tios e primos, que em todas as vezes que eu voltava para Chapecó, organizavam-se para que pudéssemos ter um momento em família. Obrigada pelo carinho, pelos bons momentos e pelas palavras de incentivo.

Aos meus amigos e amigas, tanto os que ficaram em Chapecó, quanto aos que fiz durante a graduação, aqui em Florianópolis e no meu intercâmbio em Marseille (França). Cada um foi especial à sua maneira e me ajudou de uma forma ou de outra. Sou grata pela amizade e por poder partilhar com vocês essa caminhada.

À Universidade Federal de Santa Catarina, aos professores e servidores, por promoverem um ensino de qualidade em uma das universidades mais prestigiadas do país e por oportunizarem o desenvolvimento de tantos jovens que buscam uma vida melhor através da educação.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Glicério Trichês, com quem trabalhei durante um ano e meio no Laboratório de Pavimentação e durante o TCC, que aceitou ser meu orientador, por estar sempre disposto a tirar dúvidas e oferecer seus conhecimentos e sua mentoria.

Ao meu orientador de estágio obrigatório, Prof. Dr. Alexandre Hering Coelho, com quem tive maior contato apenas nos últimos meses da graduação, mas desde o primeiro momento se colocou à disposição para tirar quaisquer dúvidas, tanto relacionadas ao estágio quanto à vida profissional.

Aos colegas do LabTrans, que me proporcionaram uma experiência muito enriquecedora e de profundo aprendizado, não somente na parte técnica, mas também interpessoal. Em especial, obrigada ao meu supervisor Luiz Claudio Duarte Dalmolin, com quem trabalhei diariamente e que me motivou a ir além, buscar melhorar cada vez mais.

RESUMO

O projeto Rede Temática de Tecnologia do Asfalto, patrocinado pela PETROBRAS, teve início em 2006 e objetiva desenvolver um novo método de dimensionamento de pavimentos flexíveis, que melhor atenda às condições observadas atualmente nas estradas brasileiras. Para isso, estão sendo estudados os materiais utilizados e o desempenho de segmentos executados e em monitoramento em diversas regiões do país. O presente trabalho visa acompanhar a evolução de um dos trechos participantes do projeto, localizado na rodovia estadual SC-415, entre as cidades de Garuva e Itapoá, no Estado de Santa Catarina. O estudo desenvolveu-se em duas etapas: avaliação funcional e avaliação estrutural do pavimento. Para a avaliação funcional foram determinados os defeitos de superfície, a irregularidade longitudinal, o afundamento de trilha de roda e a aderência pneu-pavimento. Para a avaliação estrutural foram mensuradas as deflexões em cada pista, feita a retroanálise das bacias de deflexão, calculada a deformação de tração na parte inferior do revestimento, feita a estimativa da vida útil do pavimento e a determinação dos fatores campo/laboratório. Este trabalho continua a análise que teve início na dissertação de mestrado de Pérez (2016) e prosseguimento no trabalho de conclusão de curso de Aguiar (2017). Destaca-se a inovação no que diz respeito ao esforço de se determinar os fatores campo/laboratório para o segmento, visando prover informações ainda na fase de projeto sobre o comportamento esperado dos pavimentos no campo.

Palavras-chave: Pavimentos Flexíveis. Segmento Monitorado. Avaliação Funcional. Avaliação Estrutural.

ABSTRACT

The Asphalt Technology Thematic Network project, sponsored by PETROBRAS, started in 2006 and aims to develop a new flexible pavement sizing method that best meets the conditions currently observed on Brazilian roads. Thereunto, the materials used and the performance of segments executed and under monitoring in several regions of the country are being studied. The present work aims to follow the evolution of one of the participating segments of the project, located on the state highway SC-415, between the cities of Garuva and Itapoá, in the state of Santa Catarina. The study was developed in two stages: functional evaluation and structural evaluation of the pavement. For the functional evaluation, the surface defects, longitudinal irregularity, wheel track and tire-pavement adhesion were determined. For the structural evaluation, the deflections were measured in each lane, the retroanalysis of the deflection basins was made, the tensile deformation was calculated in the lower part of the coating, as well as the estimation of the useful life of the pavement and the determination of field/laboratory factors. This work continues the analysis that began in the master dissertation of Pérez (2016) and continued in the undergraduate final paper of Aguiar (2017). It is worth noting the innovation in the effort to determine the field/laboratory factors for the segment, aiming to provide information still in the design phase on the expected behaviour of the pavements in the field.

Keywords: Flexible Pavements. Monitored Segment. Functional Evaluation. Structural Evaluation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Distribuição da carga aplicada em pavimento flexível	31
Figura 2.2 – Distribuição da carga aplicada em pavimento rígido.....	32
Figura 2.3 – Variação do VSA com o tempo	34
Figura 2.4 – Fissuras	35
Figura 2.5 – Trincas.....	36
Figura 2.6 – Afundamentos	37
Figura 2.7 – Ondulações.....	38
Figura 2.8 – Escorregamentos	38
Figura 2.9 – Exsudação	39
Figura 2.10 – Desgaste	39
Figura 2.11 – Panela.....	40
Figura 2.12 – Remendo	40
Figura 2.13 – Faixas de variação do IRI para diferentes casos	43
Figura 2.14 – Classificação da textura de um pavimento.....	44
Figura 2.15 – Macro e microtextura superficial de um revestimento asfáltico.....	45
Figura 2.16 – Pontos de avaliação da viga Benkelman	47
Figura 2.17 – Pontos de avaliação do FWD	48
Figura 2.18 – Regiões geológicas no estado de Santa Catarina	51
Figura 3.1 – Localização do município de Itapoá-SC	53
Figura 3.2 – Esquema da pista e da estrutura do segmento monitorado	55
Figura 3.3 – Camada final de terraplenagem	56
Figura 3.4 – Execução da camada de rocha detonada	56
Figura 3.5 – Espalhamento do pó de pedra para travamento da estrutura.....	57
Figura 3.6 – Execução da camada de base	59
Figura 3.7 – Resultado final da obra	61
Figura 4.1 – Esquema do método de pesquisa	63
Figura 4.2 – Levantamento de defeitos superficiais em 2016.....	64
Figura 4.3 – Perfilômetro a laser	67
Figura 4.4 – Posicionamento e distância entre os módulos laser (cm).....	67
Figura 4.5 – Dispositivo semelhante à treliça metálica (base de 1,20 m)	69
Figura 4.6 – <i>Grip tester</i>	69

Figura 4.7 – Pêndulo britânico	71
Figura 4.8 – Equipamentos para ensaio de Mancha de Areia	73
Figura 4.9 – <i>Falling Weight Deflectometer</i>	78
Figura 4.10 – Tela inicial do software BAKFAA	79
Figura 4.11 – Configurações do BAKFAA.....	81
Figura 4.12 – Deformação de tração (ϵ_t) e tensão de compressão (σ_z) no pavimento	82
Figura 4.13 – Caracterização das camadas do pavimento: ELSYM5	83
Figura 4.14 – Configurações iniciais: ELSYM5	84
Figura 4.15 – Carregamentos: ELSYM5.....	84
Figura 4.16 – Pontos de análise: ELSYM5	85
Figura 5.1 – Defeitos superficiais: faixa Garuva-Itapoá	87
Figura 5.2 – Defeitos superficiais: faixa Itapoá-Garuva	88
Figura 5.3 – Porcentagem de área trincada <i>versus</i> tráfego: faixa Garuva-Itapoá.....	90
Figura 5.4 – Porcentagem de área trincada <i>versus</i> tráfego: faixa Itapoá-Garuva.....	90
Figura 5.5 – Porcentagem de área trincada por estaca: faixa Garuva-Itapoá	92
Figura 5.6 – Porcentagem de área trincada por estaca: faixa Itapoá-Garuva	92
Figura 5.8 – Evolução dos valores de IGG	93
Figura 5.9 – IGG <i>versus</i> tráfego: faixa Garuva-Itapoá.....	93
Figura 5.10 – IGG <i>versus</i> tráfego: faixa Itapoá-Garuva.....	94
Figura 5.11 – Classificação do IRI.....	95
Figura 5.12 – IRI <i>versus</i> tráfego: faixa Garuva-Itapoá	95
Figura 5.13 – IRI <i>versus</i> tráfego: faixa Itapoá-Garuva	96
Figura 5.14 – Comparação valores de IRI para cada estaca: faixa Garuva-Itapoá	97
Figura 5.15 – Comparação valores de IRI para cada estaca: faixa Itapoá-Garuva	97
Figura 5.16 – Comparação IRI com modelos de desempenho: faixa Garuva-Itapoá.	98
Figura 5.17 – Comparação IRI com modelos de desempenho: faixa Itapoá-Garuva.	99
Figura 5.18 – Afundamento da trilha de roda: faixa Garuva-Itapoá	100
Figura 5.19 – Afundamento da trilha de roda: faixa Itapoá-Garuva	100
Figura 5.20 – ATR <i>versus</i> tráfego: faixa Garuva-Itapoá.....	102
Figura 5.21 – ATR <i>versus</i> tráfego: faixa Itapoá-Garuva.....	102
Figura 5.22 – Evolução do ATR em cada estaca: faixa Garuva-Itapoá	103
Figura 5.23 – Evolução do ATR em cada estaca: faixa Itapoá-Garuva	103
Figura 5.24 – Microtextura levantada com o equipamento grip tester.....	104
Figura 5.25 – Microtextura levantada com o equipamento pêndulo britânico.....	105

Figura 5.26 – Valores de macrotextura: mancha de areia	106
Figura 5.27 – Valores de macrotextura: perfilômetro a laser.....	106
Figura 5.28 – Valores de IFI	107
Figura 5.29 – Deflexão (D0) média: faixa Garuva-Itapoá	108
Figura 5.30 – Deflexão (D0) média: faixa Itapoá-Garuva	108
Figura 5.31 – Deflexão média <i>versus</i> tráfego: faixa Garuva-Itapoá	109
Figura 5.32 – Deflexão média <i>versus</i> tráfego: faixa Itapoá-Garuva	109
Figura 5.33 – Deflexão (D0) por estaca: faixa Garuva-Itapoá.....	110
Figura 5.34 – Deflexão (D0) por estaca: faixa Itapoá-Garuva.....	110
Figura 5.35 – Comparação D0 com modelos de desempenho: faixa Garuva-Itapoá	111
Figura 5.36 – Comparação D0 com modelos de desempenho: faixa Itapoá-Garuva	111
Figura 5.37 – Comparação da estimativa de vida útil do revestimento	114
Figura 5.38 – Porcentagem de área trincada em função do tráfego: faixa Garuva-Itapoá	115
Figura 5.39 – Porcentagem de área trincada em função do tráfego: faixa Itapoá-Garuva	115

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 – Codificação e classificação de trincas isoladas	35
Quadro 2.2 – Codificação e classificação de trincas interligadas	36
Quadro 2.3 – Afundamentos	37
Quadro 3.1 – Características do agregado: camada de base.....	58
Quadro 3.2 – Características da mistura asfáltica	60
Quadro 4.1 – Planilha de cálculo do IGG	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Valores de serventia atual.....	33
Tabela 2.2 – Degradação do pavimento em função do IGG	41
Tabela 4.1 – Conceitos de acordo com IRI e QI	68
Tabela 4.2 – Parâmetros de coeficiente de atrito para o <i>grip tester</i>	70
Tabela 4.3 – Classes de acordo com o Valor de Resistência à Derrapagem.....	71
Tabela 4.4 – Classificação da macrotextura de acordo com HS	73
Tabela 4.5 – Constantes a e B para cálculo da constante de velocidade S_p	74
Tabela 4.6 – Parâmetros de cálculo do atrito harmonizado	75
Tabela 4.7 – Classificação do IFI.....	75
Tabela 4.8 – Crescimento do $N_{8,2tf}$ para o ano de abertura ao tráfego (Projeto Sotepa Ltda)	76
Tabela 4.9 – $N_{8,2tf}$ atualizado a partir da contagem de tráfego de 2016	76
Tabela 4.10 – Dados de entrada: BAKFAA.....	80
Tabela 4.11 – Erro RMS admissível	82
Tabela 4.12 – Módulos de resiliência das camadas do pavimento (kgf/cm ²)	83
Tabela 5.1 – Porcentagem de área trincada: faixa Garuva-Itapoá.....	89
Tabela 5.2 – Porcentagem de área trincada: faixa Itapoá-Garuva.....	89
Tabela 5.3 – Evolução da área trincada com o tráfego (%)	89
Tabela 5.4 – Área trincada (AT) em cada estaca: faixa Garuva-Itapoá	91
Tabela 5.5 – Área trincada (AT) em cada estaca: faixa Itapoá-Garuva	91
Tabela 5.6 – Comparação do IRI com os modelos de previsão desempenho	98
Tabela 5.7 – Resultado da retroanálise.....	112
Tabela 5.8 – Erro relativo: faixa Garuva-Itapoá.....	112
Tabela 5.9 – Erro relativo: faixa Itapoá-Garuva.....	113
Tabela 5.10 – Módulos de Resiliência (MPa) camadas do revestimento.....	113
Tabela 5.11 – Resultados ELSYM5	114
Tabela 5.12 – Estimativa da vida útil do pavimento	114
Tabela 5.13 – Tráfego estimado para as porcentagens de 5, 10, 20 e 30%	116
Tabela 5.14 – Fatores campo/laboratório: faixa Garuva-Itapoá.....	116
Tabela 5.15 – Fatores campo/laboratório: faixa Itapoá-Garuva.....	116

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil
ARTESP – Agência Reguladora de Serviços Públicos de São Paulo
CA – Concreto Asfáltico
Caltrans – *California Department of Transportation*
CBR – *California Bearing Ratio*
CNT – Confederação Nacional de Transportes
COPPETEC/UFRJ – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro
DEINFRA – Departamento Estadual de Infraestrutura
DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (Extinto)
DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
ETD – *Estimated Texture Depth*
FAA – *Federal Aviation Administration*
FWD – *Falling Weight Deflectometer*
GN – *Grip Number*
HS – Altura de Areia
IFI – *International Friction Index*
IGG – Índice de Gravidade Global
IGI – Índice de Gravidade Individual
IRI – *International Roughness Index*
MPD – *Mean Profile Depth*
MR – Módulo de Resiliência
PIARC – *Permanent International Association of Road Congress*
PN – Proctor Normal
QI – Quociente de Irregularidade
RMS – *Root Mean Square*
SOTEPA – Sociedade Técnica de Estudos, Projetos e Assessoria Ltda
TEU – *Twenty-foot Equivalent Unit*
TRE – Trilha de Roda Externa
TRI – Trilha de Roda Interna
UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina
USACE – *United States Army Corps of Engineers*
VB – Viga Benkelman
VRD – Valor de Resistência à Derrapagem
VSA – Valor de Serventia Atual

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	27
1.1	OBJETIVOS.....	28
1.2	ESTRUTURA DO TRABALHO	28
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	31
2.1	PAVIMENTO	31
2.2	AVALIAÇÃO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS	32
2.2.1	Avaliação funcional	32
2.2.1.1	Estado da superfície do pavimento.....	33
2.2.1.2	Irregularidade longitudinal	42
2.2.1.3	Aderência pneu-pavimento.....	43
2.2.2	Avaliação estrutural	45
2.2.2.1	Medição de deflexões	46
2.2.2.2	Retroanálise	49
2.2.2.3	Resposta à fadiga e estimativa da vida útil.....	49
2.3	MODELOS DE PREVISÃO DE DESEMPENHO PARA PAVIMENTOS FLEXÍVEIS	50
2.3.1	Modelos de previsão de desempenho de Marcon (1996).....	50
2.3.2	Modelos de previsão de desempenho de Vitorello (2008)	52
3	CARACTERIZAÇÃO DO SEGMENTO MONITORADO	53
3.1	LOCALIZAÇÃO.....	53
3.2	ECONOMIA DA REGIÃO.....	54
3.3	ESTRUTURA DO PAVIMENTO	54
3.3.1	Camada de sub-base.....	55
3.3.2	Camada de base	57
3.3.3	Revestimento asfáltico.....	59
4	MÉTODO DE TRABALHO	63
4.1	AVALIAÇÃO FUNCIONAL	63

4.1.1	Defeitos de superfície e cálculo do IGG	63
4.1.2	Irregularidade longitudinal	66
4.1.3	Afundamento de trilha de roda	68
4.1.4	Aderência pneu-pavimento.....	69
4.2	AVALIAÇÃO ESTRUTURAL	75
4.2.1	Estudo de tráfego.....	76
4.2.2	Medição de deflexões.....	77
4.2.3	Retroanálise das bacias de deflexão.....	78
4.2.4	Análise mecanicista da estrutura	82
4.2.5	Estimativa da vida útil	85
4.2.6	Fator campo/laboratório.....	86
5	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	87
5.1	AVALIAÇÃO FUNCIONAL	87
5.1.1	Defeitos de superfície e cálculo do IGG.....	87
5.1.2	Irregularidade longitudinal	94
5.1.3	Afundamento da trilha de roda.....	99
5.1.4	Aderência pneu-pavimento.....	103
5.2	AVALIAÇÃO ESTRUTURAL	107
5.2.1	Evolução das deflexões.....	107
5.2.2	Retroanálise das bacias de deflexão.....	111
5.2.3	Deformação de tração na parte inferior da camada de revestimento	113
5.2.4	Estimativa da vida útil	114
5.2.5	Fator campo/laboratório.....	115
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	117
	REFERÊNCIAS	121
	ANEXO A Levantamento dos defeitos superficiais.....	125
	ANEXO B Índice de Gravidade Global	161
	ANEXO C Irregularidade longitudinal.....	167

ANEXO D Afundamento de trilha de roda.....	171
ANEXO E Aderência pneu-pavimento.....	175
ANEXO F Levantamento deflectométrico	181
ANEXO G Retroanálise	185

1 INTRODUÇÃO

O modal rodoviário é o principal responsável pela movimentação de cargas e pessoas no Brasil, contribuindo de forma significativa para o seu desenvolvimento econômico e social. O Relatório Gerencial de 2017 da Confederação Nacional de Transportes (CNT) aponta que tal meio de transporte é responsável por 61% do transporte de cargas e de 95% do transporte de passageiros no território nacional.

A infraestrutura rodoviária é a principal forma de integração do sistema de transportes do País. Porém, apesar de estar crescendo nos últimos anos, a malha rodoviária ainda é muito pequena. Além disso, de acordo com CNT (2017), as rodovias brasileiras totalizam 1.735.621 km, sendo apenas 12,3% desse total, ou seja, 212.886 km, pavimentadas.

O método de dimensionamento de pavimentos flexíveis adotado atualmente no Brasil foi elaborado pelo Engenheiro Murillo Lopez de Souza no ano de 1966, tendo sido revisado pela última vez em 1981. Nestes 37 anos, muitas mudanças ocorreram, tanto no que diz respeito à frota e à quantidade de cargas transportadas, quanto aos avanços tecnológicos relacionados aos materiais, formas de caracterização e métodos de construção das vias. Assim, torna-se evidente a necessidade da criação de uma metodologia que considere tais mudanças ao se projetar um pavimento no cenário atual.

A Petrobras, à luz dessa situação, iniciou no ano de 2006, em parceria com algumas universidades brasileiras, o projeto Rede Temática de Tecnologia do Asfalto. Esse projeto tem como um dos objetivos desenvolver um novo método de dimensionamento de pavimentos asfálticos mais condizente com a situação atual, sendo o projeto dividido em duas etapas. Na primeira fase foi feita a melhoria da infraestrutura das universidades (área física e equipamentos), para que os ensaios laboratoriais pudessem ser satisfatoriamente executados. A segunda fase, em andamento desde 2009, compreendeu inicialmente a construção de segmentos experimentais e, em seguida, seu monitoramento sistemático, a partir de 2010.

Assim, no presente trabalho será feita uma análise continuada de um dos segmentos monitorados pertencentes ao projeto Rede Temática de Tecnologia do Asfalto, localizado na rodovia SC-415, em Itapoá (SC).

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo do trabalho é acompanhar o desempenho do Segmento Monitorado de Itapoá, localizado na rodovia SC-415, através da análise dos resultados obtidos nos levantamentos realizados em 2016 e 2017.

1.1.2 Objetivos Específicos

Para garantir que o objetivo geral do trabalho seja alcançado, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Avaliar a evolução da área trincada;
- Avaliar a evolução do IGG;
- Avaliar a evolução da irregularidade longitudinal;
- Avaliar a evolução do afundamento de trilha de roda;
- Avaliar a evolução das deflexões;
- Buscar definir fator campo/laboratório a partir da evolução da área trincada.

1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO

Para uma melhor compreensão, o presente trabalho foi organizado em seis capítulos, a saber:

Capítulo 1 – Introdução

Neste capítulo apresenta-se o tema do trabalho, um panorama geral sobre o assunto, o objetivo geral e os objetivos específicos, bem como sua estrutura e organização.

Capítulo 2 – Revisão bibliográfica

A partir de pesquisa em bibliografia específica sobre o tema, apresentam-se neste capítulo os conceitos necessários para o desenvolvimento e compreensão do trabalho.

Capítulo 3 – Caracterização do segmento

Aqui são fornecidas as informações sobre o segmento monitorado de Itapoá, sua localização, o método de dimensionamento empregado, a espessura final das camadas e os materiais utilizados.

Capítulo 4 – Método de trabalho

Neste capítulo apresenta-se o método de trabalho, os equipamentos e os softwares utilizados no levantamento dos dados para posterior análise.

Capítulo 5 – Apresentação e análise dos resultados

Os resultados obtidos são analisados e apresentados ao leitor neste capítulo.

Capítulo 6 – Conclusões

Por fim, são aqui apresentadas as conclusões feitas a partir da elaboração do trabalho, bem como feitas sugestões para trabalhos futuros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 PAVIMENTO

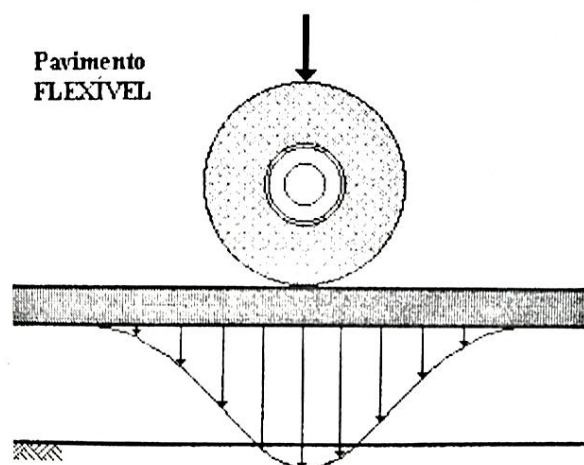
Segundo Bernucci *et al.* (2008), o pavimento é uma estrutura formada de múltiplas camadas, construída sobre a superfície final de terraplenagem e que se destina a resistir aos esforços provenientes do tráfego de veículos e do clima, propiciando segurança, economia e conforto aos usuários.

De acordo com Brasil (2006a), por determinações de ordens técnico-econômicas, o pavimento é considerado uma estrutura estratificada formada pela união de materiais distintos, resultando em um alto grau de complexidade no tocante ao cálculo das deformações e tensões. Balbo (2007) coloca que o comportamento estrutural de um pavimento é projetado para que as camadas superiores recebam os esforços atuantes e os transmitam de forma menos intensa para as camadas inferiores, ou seja, aliviando as pressões.

Os pavimentos são classificados em três tipos: flexíveis, rígidos e semirrígidos (BRASIL, 2006a), diferenciados de acordo com os materiais constituintes e resposta aos esforços solicitantes.

- Pavimentos flexíveis: apresentam deformação elástica significativa em todas as camadas, fazendo com que a carga aplicada se distribua de forma praticamente equivalente entre elas;

Figura 2.1 – Distribuição da carga aplicada em pavimento flexível

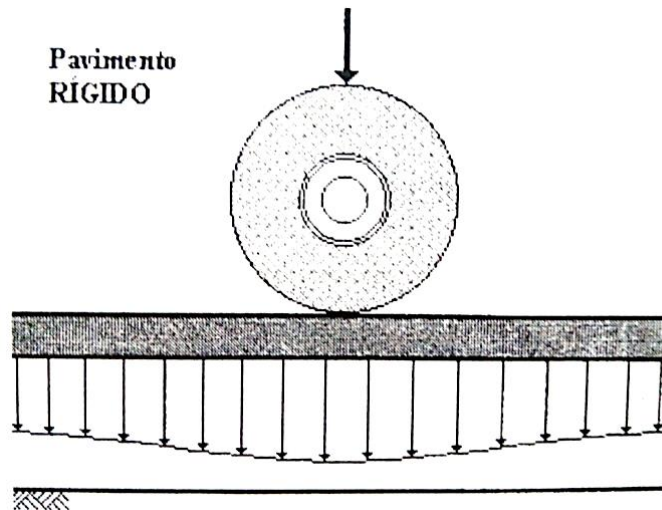


Fonte: Balbo (1997).

- Pavimentos semirrígidos: possuem uma base cimentada, ou seja, que contém algum material aglutinante que forneça propriedades cimentícias à camada;

- Pavimentos rígidos: o revestimento possui uma rigidez muito superior às camadas subjacentes, absorvendo grande parte dos esforços e transmitindo as tensões de maneira dispersa ao subleito.

Figura 2.2 – Distribuição da carga aplicada em pavimento rígido



Fonte: Balbo (1997).

Como o propósito deste trabalho é fazer a avaliação de um segmento de pavimento flexível, apenas essa classificação será abordada daqui em diante.

2.2 AVALIAÇÃO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

A condição das estruturas dos pavimentos é determinada a partir da avaliação dos pavimentos, cujos principais objetivos são, de acordo com Pérez (2016):

- Fornecer dados para verificação e aperfeiçoamento de métodos de projeto;
- Proporcionar dados para melhorar as técnicas de construção e manutenção;
- Prover informações sobre as condições gerais da rede, indicando deficiências;
- Oferecer dados para o desenvolvimento de modelos de previsão de desempenho de pavimentos.

Pessoa (2012) explica que que tal avaliação visa descrever a condição do pavimento de forma qualitativa ou quantitativa e pode ser dividida em dois tipos: avaliação funcional e avaliação estrutural.

2.2.1 Avaliação funcional

A avaliação funcional busca caracterizar o estado do pavimento sob o ponto de vista do usuário, prezando principalmente pelo seu conforto e segurança. Segundo Luz (2017), para

que seja possível analisar o desempenho dos pavimentos quanto às suas condições funcionais, devem ser coletadas informações dos defeitos superficiais, da irregularidade longitudinal e da aderência pneu-pavimento (macro e microtextura).

Pessoa (2012) ainda descreve desempenho funcional como a capacidade do pavimento de satisfazer sua função principal, que é fornecer uma superfície com serventia adequada quanto à qualidade de rolamento.

2.2.1.1 Estado da superfície do pavimento

O estado da superfície do pavimento pode ser analisado de forma objetiva ou subjetiva. A avaliação subjetiva é feita a partir da observação de conceitos qualitativos, enquanto que a objetiva se realiza mediante mensuração dos defeitos superficiais e afundamentos de trilha de roda identificados. CNT (2018) afirma que as características dos materiais que compõem o pavimento sofrem alterações de acordo com o uso do pavimento, seu tempo de vida, as solicitações de tráfegos e também climáticas, piorando de forma gradativa.

Avaliação subjetiva

Brasil (2003a) define os procedimentos para a realização da avaliação subjetiva dos pavimentos flexíveis e semirrígidos, que indica o grau de conforto e suavidade de rolamento proporcionado pelo pavimento. Tal avaliação é feita com base no VSA (Valor de Serventia Atual), que é uma medida subjetiva das condições superficiais de um pavimento feita por um grupo de profissionais capacitados. Esses profissionais dão suas opiniões quanto à capacidade do pavimento de atender aos requisitos de suavidade e conforto ao percorrerem o trecho sob análise, conceituando a rodovia de acordo com a Tabela 2.1

Tabela 2.1 – Valores de serventia atual

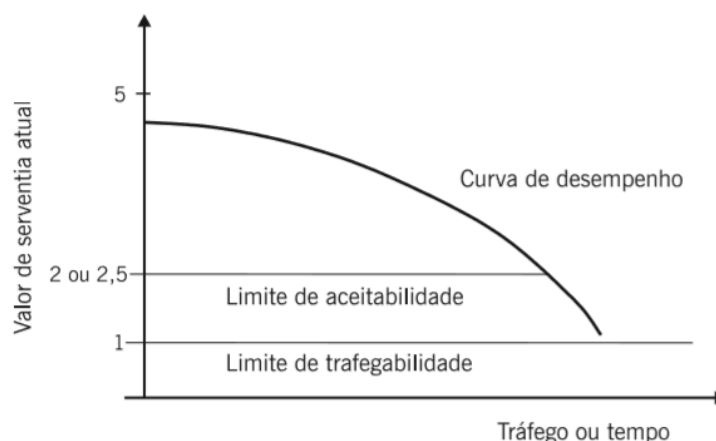
Conceito	Faixa do VSA
Ótimo	4 - 5
Bom	3 - 4
Regular	2 - 3
Ruim	1 - 2
Péssimo	0 - 1

Fonte: Brasil (2003a).

Bernucci *et al.* (2008) afirmam que, em geral, o VSA de um pavimento bem executado é elevado logo após a construção, porém, devido às ações do tráfego e intempéries, seu valor

diminui com o tempo. Os limites mínimos de aceitabilidade e trafegabilidade são apresentados na Figura 2.3. Se for atingido o limite de aceitabilidade, os autores indicam a realização de uma intervenção de manutenção corretiva no pavimento; já no caso de ser atingido o limite de trafegabilidade, será necessária sua reconstrução.

Figura 2.3 – Variação do VSA com o tempo



Fonte: Bernucci *et al.* (2008).

Avaliação objetiva

O procedimento para a avaliação objetiva dos pavimentos é apresentado na norma DNIT 006/2003 – PRO (BRASIL, 2003b), realizado por meio da contagem e classificação das ocorrências aparentes, bem como das medidas de deformação permanente nas trilhas de roda. Como resultado, tem-se a classificação do pavimento de acordo com o Índice de Gravidade Global (IGG).

Os defeitos de superfície levantados em campo e apresentados em DNIT 005/2003 – TER (BRASIL, 2003c) são: fenda, afundamento, ondulação ou corrugação, escorregamento, exsudação, desgaste, panela ou buraco e remendo.

Fenda

Fenda é qualquer descontinuidade presente na superfície, diferenciando-se em fissura e trinca de acordo com sua abertura.

- a) Fissuras (FI): são fendas capilares existentes no revestimento, visíveis a olho nu de uma distância inferior a 1,50 metros, podendo estar localizadas de forma longitudinal, oblíqua ou transversal ao eixo da via.

Figura 2.4 – Fissuras



Fonte: CNT (2018).

- b) Trincas: são fendas maiores do que as fissuras, facilmente identificadas a vista desarmada, podendo apresentar-se de forma isolada ou interligada. As trincas isoladas são diferenciadas de acordo com seu posicionamento em longitudinal, transversal e de retração; e de acordo com sua extensão em curta (menor que 1,00 m) ou longa (maior que 1,00 m). As trincas interligadas dividem-se no tipo “Couro de Jacaré” quando possuem uma direção preferencial, podendo ou não apresentar erosão acentuada nas bordas; e “Bloco” quando as trincas se organizam em blocos com lados bem definidos, podendo também apresentar, ou não, acentuada erosão nas bordas.

Quadro 2.1 – Codificação e classificação de trincas isoladas

Código	Denominação	Classes		
TTC	Trinca Transversal Curta	FC-1	FC-2	FC-3
TTL	Trinca Transversal Longa	FC-1	FC-2	FC-3
TLC	Trinca Longitudinal Curta	FC-1	FC-2	FC-3
TLL	Trinca Longitudinal Longa	FC-1	FC-2	FC-3
TRR	Trinca de Retração	FC-1	FC-2	FC-3

Fonte: Adaptado de Brasil (2003c).

FC-1: aberturas superiores às das fissuras, mas inferiores a 1,00 mm

FC-2: aberturas superiores a 1,00 mm e sem erosão nas bordas

FC-3: aberturas superiores a 1,00 mm e com erosão nas bordas

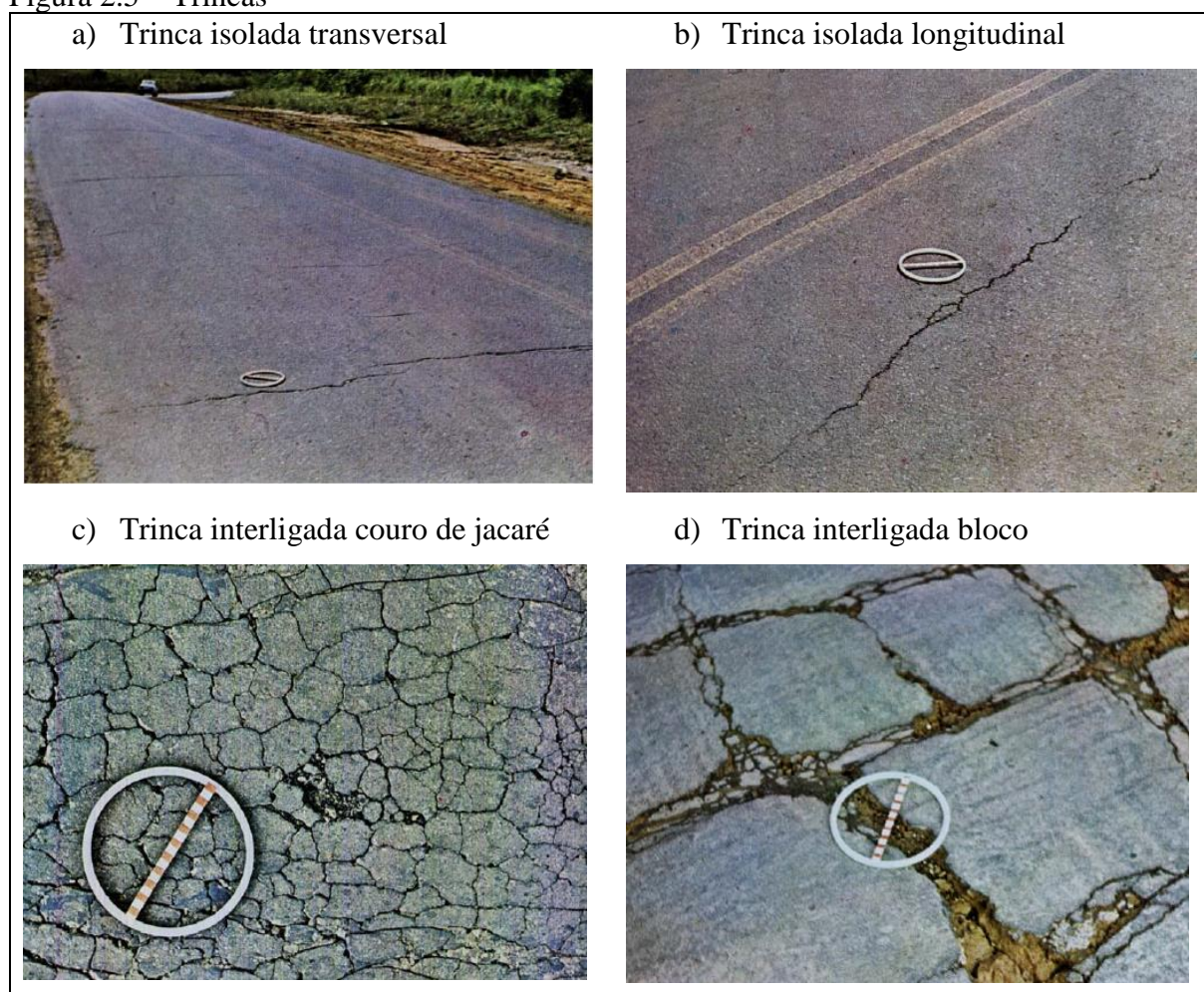
Quadro 2.2 – Codificação e classificação de trincas interligadas

Código	Denominação	Classes	
J	Jacaré sem erosão nas bordas	FC-2	-
JE	Jacaré com erosão nas bordas	-	FC-3
TB	Bloco sem erosão nas bordas	FC-2	-
TBE	Bloco com erosão nas bordas	-	FC-3

Fonte: Adaptado de Brasil (2003c).

Observação: as trincas interligadas possuem apenas as classificações FC-2 e FC-3, diferenciando-se apenas pela presença ou ausência de erosão nas bordas.

Figura 2.5 – Trincas



Fonte: Brasil (2003c).

Afundamentos

O afundamento é uma deformação permanente do pavimento caracterizada por uma depressão da superfície. Diferencia-se em afundamento plástico, quando resulta da fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou subleito, sendo acompanhada por

solevamento; e de afundamento por consolidação, quando não apresenta solevamento e resulta da consolidação diferencial de camadas do pavimento ou subleito. Para ambas as classificações, se a extensão da deformação for inferior a seis metros, será denominado de afundamento local, já se estiver localizado ao longo da trilha de roda e for maior do que seis metros, de afundamento de trilha de roda.

Quadro 2.3 – Afundamentos

Código	Denominação
ALP	Afundamento Local Plástico
ATP	Afundamento de Trilha Plástico
ALC	Afundamento Local de Consolidação
ATC	Afundamento da Trilha de Consolidação

Fonte: Adaptado de Brasil (2003c).

Figura 2.6 – Afundamentos



Fonte: CNT (2018).

Ondulação ou corrugação (O)

Deformação superficial do pavimento que se caracteriza pela presença de ondulações ou corrugações, as quais estão posicionadas transversalmente ao eixo da via.

Figura 2.7 – Ondulações



Fonte: Brasil (2003c).

Escorregamentos (E)

O escorregamento ocorre quando há o deslocamento relativo entre o revestimento e a camada subjacente do pavimento, caracterizando-se visualmente pelo aparecimento de fendas no formato de meia-lua.

Figura 2.8 – Escorregamentos



Fonte: Brasil (2003c).

Exsudação (EX)

Quando o teor de ligante for superior ao necessário, ou o volume de porcentagem de vazios muito baixo, haverá a migração da quantidade excedente para a superfície do pavimento, caracterizando o fenômeno de exsudação.

Figura 2.9 – Exsudação



Fonte: Brasil (2003c).

Desgaste (D)

O desgaste deriva da ação de esforços tangenciais na superfície do pavimento, causando o arrancamento progressivo dos agregados e deixando o pavimento com sua superfície áspera.

Figura 2.10 – Desgaste



Fonte: Brasil (2003c).

Panela ou buraco (P)

A panela, ou buraco, pode ser descrita como uma cavidade que se forma na superfície do pavimento e pode progredir por todas as camadas do pavimento, causando a desagregação das mesmas.

Figura 2.11 – Panela



Fonte: Brasil (2003c).

Remendo

O remendo, alvo das operações chamadas “tapa-buraco”, nada mais é do que uma panela que foi preenchida com uma ou mais camadas de pavimento. Tal correção pode ser classificada em superficial (revestimento superficial – RS) quando a área for pequena; ou profunda (revestimento profundo – RP), quando há a substituição do revestimento e, como caráter eventual, de uma ou mais camadas inferiores do pavimento.

Figura 2.12 – Remendo



Fonte: CNT (2018).

Determinação do Índice de Gravidade Global (IGG)

O IGG é o índice de qualidade para pavimentos mais conhecido pelos engenheiros rodoviários brasileiros, sendo aplicável a pavimentos com revestimento asfáltico (BALDO, 1997). É calculado, segundo Soncim (2011), a partir da atribuição de fatores de ponderação para cada um dos defeitos inventariados, visando melhor caracterizar sua influência no grau de serventia do pavimento.

Com relação à quantidade de faixas na rodovia analisada, Brasil (2003b) indica que para os casos de rodovia com mais de uma faixa, apenas as faixas mais solicitadas de cada pista devem ser avaliadas. Já em vias com pista única, deve-se observar as duas faixas de tráfego, além da terceira faixa, quando esta existir.

Segundo Bernucci *et al.* (2008), o IGG não é calculado para toda a pista, mas de forma amostral para algumas estações com área e distanciamento predefinidos pelo DNIT. Para rodovias de pista simples, tais estações são dispostas alternadas entre faixas a cada 20,00 metros. No caso de pista dupla, as estações são montadas a cada 20,00 metros na faixa mais solicitada de cada pista. A superfície de avaliação corresponde à 3,00 m antes e 3,00 m depois de cada estaca demarcada, tendo como largura a mesma da faixa em análise.

Após o levantamento dos defeitos e preenchimento da planilha de campo, para cada ocorrência inventariada calcula-se o Índice de Gravidade Individual através da multiplicação da sua frequência relativa (f_r) pelo fator de ponderação (f_p), que é definido na norma DNIT 006/2003-PRO. O somatório de todos os IGI fornece o Índice de Gravidade Global, que deve ser calculado para cada trecho homogêneo. A rodovia é avaliada conforme os conceitos apresentados na Tabela 2.2.

Tabela 2.2 – Degradação do pavimento em função do IGG

Conceito	Limites
Ótimo	$0 < IGG \leq 20$
Bom	$20 < IGG \leq 40$
Regular	$40 < IGG \leq 80$
Ruim	$80 < IGG \leq 160$
Péssimo	$IGG > 160$

Fonte: Brasil (2003b).

Além da classificação do DNIT, a Agência Reguladora de Serviços Públicos Delegados de Transporte do Estado de São Paulo (ARTESP, 2014) determina que para as

rodovias concessionadas no estado de São Paulo, o valor de IGG deve ser igual ou inferior a 30 para trechos de 200 a 1000 metros de extensão.

2.2.1.2 Irregularidade longitudinal

Brasil (2011) define irregularidade longitudinal como o somatório dos desvios superficiais do pavimento que ocorrem em relação a um plano de referência e que afeta os veículos, as cargas atuantes, a qualidade do rolamento e a drenagem superficial. O termo longitudinal se deve ao fato de, em geral, as medidas serem feitas paralelas ao eixo longitudinal da rodovia (MATTOS, 2014).

Segundo Nakahara (2005), a irregularidade pode derivar de diferentes fatores, a saber:

- Técnicas construtivas, que incorrem em variações no perfil da rodovia;
- Repetições de carga, que provocam distorções por deformação plástica em uma ou mais camadas do pavimento;
- Expansão devido ao congelamento e também variações volumétricas decorrentes de contrações e expansões do subleito;
- Compactação desuniforme no início do processo.

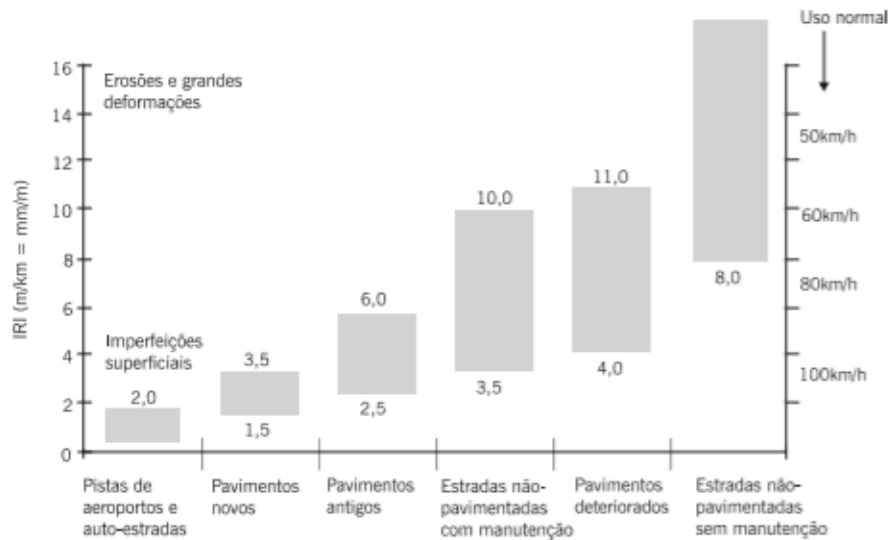
Mattos (2014) afirma ainda que, por ser um dos fatores que mais afeta a percepção do usuário quanto ao grau de serventia do pavimento, pode-se tomá-lo como um dos parâmetros funcionais mais relevantes para a gerência dos pavimentos.

Os medidores de perfis são equipamentos ou métodos usados para reproduzir uma sequência de números relacionados a um “perfil verdadeiro” de uma linha imaginária sobre a rodovia (NAKAHARA, 2005).

No cenário internacional utiliza-se o IRI – International Roughness Index (índice de irregularidade internacional) – que, ainda de acordo com Nakahara (2005), resume matematicamente o perfil longitudinal de uma rodovia sobre uma trilha de roda, representando a vibração induzida por um veículo que trafega sobre uma superfície irregular. Sua medida é dada em m/km.

Brasil (2011) afirma que a avaliação do IRI juntamente com os levantamentos de defeitos superficiais são os mais apropriados para definir condição funcional do pavimento. A Figura 2.13 mostra faixas de variação do IRI em diversas situações.

Figura 2.13 – Faixas de variação do IRI para diferentes casos



Fonte: Sayers e Karamilhas (1998) apud Bernucci *et al.* (2008).

Nacionalmente adota-se o Quociente de Irregularidade (QI) como escala padrão de medição – também conhecido como Índice de Quarto de Carro – expresso em contagem/km. O modelo de quarto-de-carro consiste em um sistema formado por uma massa, uma roda, um amortecedor e uma mola (BRASIL, 2011) e a resposta obtida pela simulação de movimentos neste modelo fornece o valor de QI. Os índices QI e IRI podem ser correlacionados a partir da Equação 2.1, de acordo com Brasil (2011).

$$QI = 13 \times IRI \quad (2.1)$$

Onde:

QI = Quociente de Irregularidade (cont./km);

IRI = International Roughness Index (m/km).

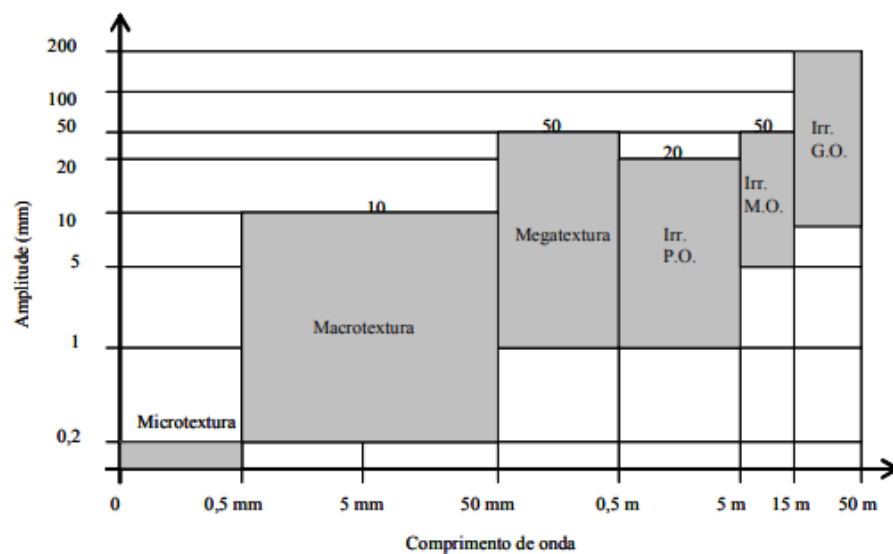
2.2.1.3 Aderência pneu-pavimento

A avaliação da segurança do pavimento envolve muitos aspectos, destacando-se aqui a aderência pneu-pavimento. APS (2006) afirma que o termo aderência refere-se ao limite de atrito desenvolvido entre os pneus do veículo e a superfície do pavimento, que assegura a mobilidade e dirigibilidade do mesmo. Para se garantir que esta interação ocorra, dois fatores devem ser observados: a textura superficial do pavimento e as características dos pneus (ranhuras, pressão de inflação, dimensões e tipo).

O fenômeno de aquaplanagem, segundo Bernucci *et al.* (2008), ocorre quando os pneus perdem contato com a superfície do pavimento devido à presença de um filme de água que não foi rompido, situação em que os pneus deixam de rolar e passam a escorregar sobre a superfície. Quando os veículos se deslocam a velocidades de até 50 km/h a microtextura é o fator predominante na determinação da resistência à derrapagem (Pérez, 2016), porém, a velocidades mais elevadas, esta depende quase que exclusivamente da macrotextura. Desta forma, uma boa interação pneu-pavimento depende basicamente da qualidade da área de contato (LUZ, 2017).

Como a textura do pavimento é um dos aspectos da aderência em que os engenheiros rodoviários podem interferir, este é o principal foco das avaliações e medidas desses especialistas (BERNUCCI *et al.*, 2008). Os autores trazem uma classificação da textura do pavimento de acordo com o comprimento de onda, apresentada na Figura 2.14.

Figura 2.14 – Classificação da textura de um pavimento



Fonte: PIARC (2003) apud Neves (2009).

Para a avaliação da textura de superfície no que se refere à aderência, apenas a ação da macro e microtextura são observadas. A microtextura depende basicamente da aspereza dos agregados da superfície e a macrotextura, da graduação da mistura utilizada na camada de rolamento (APS, 2006). A Figura 2.15 mostra de forma esquemática a diferença entre estes dois tipos de textura.

Figura 2.15 – Macro e microtextura superficial de um revestimento asfáltico



Fonte: Bernucci *et al.* (2008).

A macrotextura pode ser avaliada por três métodos diferentes: método volumétrico Mancha de areia, perfilômetros (laser, fotoseccionamento e água de contato) e drenômetros (APS, 2006). Já a microtextura pode ser avaliada por um pêndulo britânico, Grip Tester, entre outros.

Em decorrência da grande variedade de equipamentos e métodos para avaliação da aderência, foi concebido em 1992 pela PIARC (Permanent International Association of Road Congress) o Índice Internacional de Atrito IFI (International Friction Index), criando uma escala única que permite a comparação de resultados. O IFI corresponde ao atrito de um veículo de passeio deslocando-se a 60 km/h, com pneus lisos e rodas travadas, sobre pavimento molhado (BERNUCCI *et al.*, 2008).

2.2.2 Avaliação estrutural

De acordo com Balbo (2007), a expressão *avaliação estrutural* abrange a caracterização completa dos elementos e variáveis estruturais dos pavimentos, de forma a possibilitar uma descrição objetiva de seu comportamento frente às cargas do tráfego e ambientais.

Bernucci *et al.* (2008) afirmam que os pavimentos são estruturas que geralmente não apresentam ruptura súbita, mas deterioração progressiva funcional e estrutural. A parcela estrutural está associada aos danos ligados à capacidade de carga do pavimento e os defeitos estruturais são resultado da repetição das cargas, associados tanto às deformações elásticas/recuperáveis quanto às plásticas/permanentes.

Deformações permanentes são aquelas que permanecem no pavimento asfáltico mesmo após cessar o efeito da atuação da carga (BRASIL, 2006b). Já as deformações recuperáveis representam um indicativo do comportamento elástico da estrutura, sendo

responsáveis pelo aparecimento da maior parte dos trincamentos dos pavimentos, os quais podem levar à fadiga do revestimento.

As avaliações estruturais podem ser feitas em segmentos homogêneos da rodovia em estudo por métodos destrutivos e não destrutivos.

- Métodos destrutivos: a avaliação da estrutura de cada camada constituinte é feita a partir da extração de amostras por meio da abertura de trincheiras no pavimento desde o revestimento até o subleito. Pela sua própria natureza destrutiva, só pode ser empregado em alguns poucos pontos selecionados como representativos de cada segmento a ser avaliado (BERNUCCI *et al.*, 2008);
- Métodos não destrutivos: Bernucci *et al.* (2008) afirmam que os métodos não destrutivos são os mais indicados para avaliar grandes extensões de pistas, sendo representados por medidas de deflexão. De acordo com Brasil (2006b), tais métodos avaliam a deflexão recuperável máxima na superfície do revestimento por meio de equipamentos dinâmicos de impacto, equipamentos dinâmicos de vibração e vigas de deflexão.

2.2.2.1 Medição de deflexões

Os dois tipos de deflexão a que o pavimento pode ser submetido são: permanentes e recuperáveis. As deformações permanentes são aquelas que permanecem mesmo após cessar o efeito da atuação da carga, ou seja, têm caráter residual (PÉREZ, 2016). Por outro lado, Borges (2001) coloca que as deformações recuperáveis são os deslocamentos que surgem verticalmente no pavimento, tanto na superfície quanto na estrutura, desaparecendo uma vez cessada a atuação da carga.

Dessa forma, Pérez (2016) afirma ainda que através da interpretação das bacias de deformação e da técnica de retroanálise é possível estimar o comportamento mecânico dos materiais que compõem a estrutura do pavimento. No Brasil, a viga Benkelman e o defletômetro de impacto Falling Weight Deflectometer (FWD) são os equipamentos mais utilizados para este fim (BALBO, 2007).

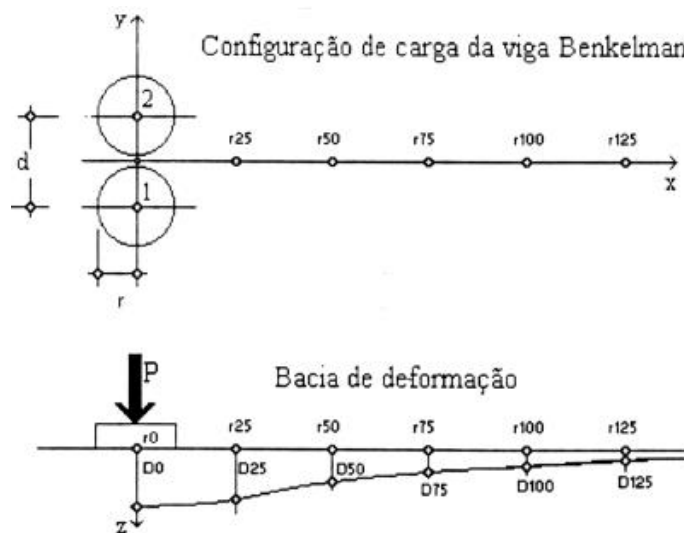
Viga Benkelman

A viga Benkelman é o dispositivo mais simples e difundido para o levantamento de deflexões em pavimentos (Brasil, 2006b). Seu princípio de funcionamento é o de um braço de alavanca e o equipamento consiste em um caminhão com eixo traseiro simples de roda dupla

carregado com 8,2t e uma haste rígida. Em uma extremidade da haste há uma ponta de prova e, na extremidade oposta da viga, há um extensômetro (BALBO, 2007).

Bernucci *et al.* (2008) descrevem o passo-a-passo do ensaio da seguinte maneira: primeiro deve-se colocar a ponta de prova da viga Benkelman entre os pneus da roda geminada traseira do caminhão, exatamente sobre seu eixo; em seguida, faz-se uma leitura inicial (L_i) do extensômetro e, após o caminhão ter lentamente se afastado em média 10,00 m da ponta de prova, ou até que não seja mais identificada uma diferença na leitura do extensômetro, faz-se a leitura final do extensômetro (L_f). A leitura final corresponde ao descarregamento do pavimento e todo o deslocamento recuperado é associado à deformação elástica do pavimento (BERNUCCI *et al.*, 2008). Os pontos de avaliação na viga Benkelman são mostrados na Figura 2.16.

Figura 2.16 – Pontos de avaliação da viga Benkelman



Fonte: Borges (2001).

A norma DNER-ME 024/94 trata da determinação das deflexões em pavimento rodoviário através do uso da viga Benkelman. O cálculo das deflexões, apresentado nesta norma, é feito a partir da Equação 2.2, em que a é a parte maior do braço de prova e b é a parte menor.

$$D_0 = (L_i - L_f) \times \frac{a}{b} \quad (2.2)$$

Onde:

D_0 = deflexão máxima do pavimento (0,01 mm);

L_i = leitura inicial (0,01 mm);

L_f = leitura final (0,01 mm);

a/b = relação entre a maior e a menor porção do braço de alavanca.

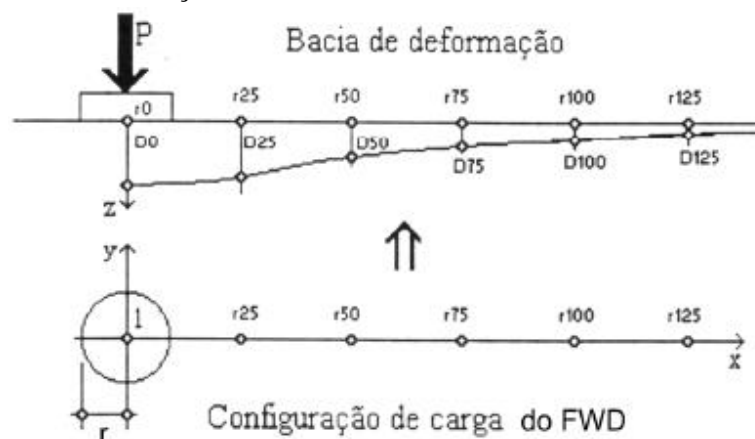
Falling Weight Deflectometer (FWD)

Segundo Bernucci *et al.* (2008) os equipamentos mais atuais empregados na medição de deslocamentos recuperáveis dos pavimentos são os de impacto por queda de um peso suspenso de uma altura pré-determinada sobre amortecedores, os quais transmitem o choque a uma placa metálica que fica apoiada na superfície do pavimento no ponto de leitura da deflexão máxima.

Brasil (1996) descreve o procedimento para o ensaio utilizando o equipamento FWD salientando que os deslocamentos recuperáveis gerados na superfície do pavimento, ou seja, a bacia de deflexões do pavimento, são medidos por sensores instalados ao longo de uma barra metálica. Além disso, O FWD permite que se aplique diferentes níveis de carregamento em uma mesma estação de ensaio, através da combinação entre os seguintes componentes: altura de queda, massa do peso que cai e sistema de amortecedores selecionado (BORGES, 2001).

Basicamente o ensaio consiste em se aplicar a carga de impacto em um ponto e ler a linha de deslocamentos provocados nos vários sensores distribuídos ao longo da barra. Brasil (2006b) afirma que a maior vantagem dos equipamentos de impacto reside no fato de que estes simulam, de maneira muito similar, as características de uma carga de tráfego transiente em termos de magnitude e frequência, o que não acontece no ensaio estático com a viga Benkelman.

Figura 2.17 – Pontos de avaliação do FWD



Fonte: Borges (2001).

2.2.2.2 Retroanálise

Para que um pavimento possa ser corretamente dimensionado, deve-se conhecer os valores de rigidez de todas as camadas constituintes, de forma que seja possível o cálculo das tensões e deformações relacionadas. Entretanto, como colocam Bernucci *et. al.* (2008), a maioria dos pavimentos em uso foi dimensionada apenas a partir do valor de CBR e os valores de rigidez das diferentes camadas são desconhecidos, o que exigiu a criação de um método para estimar tais valores: a retroanálise.

De acordo com Balbo (2007) a retroanálise pode ser definida como o processo pelo qual procura-se simular o comportamento da estrutura analisada, conhecendo-se as respostas em termos de deformações ou tensões, medidas por meio de algum instrumento. Complementarmente, Bernucci *et. al.* (2008) explicam que a partir da retroanálise é possível inferir os módulos de elasticidade das camadas do pavimento e também do subleito pela interpretação das bacias de deformação.

Pérez (2016) cita os seguintes softwares que podem ser utilizados no cálculo dos módulos de elasticidade: FEPAVE, ELSYM5, KENLAYER, REPAV e BAKFAA. Neste trabalho será empregado o software BAKFAA, desenvolvido pela Federal Aviation Administration (FAA), entidade do governo estadunidense responsável pelas normas e regulamentações relacionadas à aviação civil nos Estados Unidos que, apesar de ter sido inicialmente desenvolvido para pavimentos de aeródromos, também é utilizado no segmento rodoviário.

A retroanálise feita pelo software BAKFAA se baseia na análise elástica das camadas do pavimento (FAA, 2011), em que o processo de determinação dos erros utiliza a Raiz Quadrada Média (RMS – Root Mean Square) das diferenças entre os valores de deflexão do FWD e os valores de deflexão calculados.

2.2.2.3 Resposta à fadiga e estimativa da vida útil

A vida útil de um pavimento pode ser estimada a partir da curva de fadiga de uma mistura asfáltica, prevendo-se as tensões e deformações a que a estrutura estará submetida quando em operação. Balbo (1997) explica que a fadiga ocorre quando o material é continuamente solicitado a níveis de tensões inferiores à de ruptura e há o rompimento do material pela alteração progressiva da estrutura interna e perda das características originais. O autor ainda coloca que, pela própria natureza do fenômeno, a fadiga se torna evidente a partir da presença de trincas interligadas no revestimento asfáltico.

Vale salientar que esse é um problema não-linear que ocorre em diversos materiais, ou seja, o dano produzido no primeiro ciclo é diferente do dano produzido no segundo ciclo e assim sucessivamente (BERNUCCI *et. al.*, 2008). Segundo Kakuda (2010), na grande maioria das vezes o trincamento por fadiga começa nas fibras inferiores da camada do revestimento asfáltico, propagando-se a partir daí por toda a sua espessura até que surjam trincas na superfície.

Brasil (2006b) afirma que a partir dos resultados encontrados por diversas pesquisas sobre trincamento por fadiga em pavimentos asfálticos, definiu-se a seguinte equação:

$$N = k \cdot (\varepsilon_t)^{-n} \quad (2.3)$$

Onde:

N = número de repetições devidas ao carregamento até o início do trincamento por fadiga;

ε = deformação específica máxima de tração ocorrente na mistura betuminosa sob a ação do carregamento;

k, n = constantes que dependem principalmente da rigidez e do teor de asfalto da mistura betuminosa.

2.3 MODELOS DE PREVISÃO DE DESEMPENHO PARA PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

O desempenho de um pavimento pode ser definido como o grau com que o mesmo atende as funções que lhe são impostas ao longo de sua vida de serviço. Segundo Gonçalves (1999), os modelos estabelecidos a partir de respostas fundamentais fornecidas pelo pavimento podem subsidiar a previsão das respostas quando o mesmo for solicitado por cargas de tráfego e climáticas.

Com o avanço das pesquisas na área de pavimentação, surgiram diversos pesquisadores que desenvolveram seus modelos de previsão de desempenho de pavimento e que são até hoje empregados. Aqui serão apresentados apenas os dois mais relevantes para este estudo e que se encaixam no escopo: os modelos de Marcon (1996) e de Vitorello (2008).

2.3.1 Modelos de previsão de desempenho de Marcon (1996)

Marcon (1996) avaliou a malha rodoviária catarinense na década de 1990 em suas características funcionais e estruturais, propondo modelos de previsão de desempenho e recomendações para um sistema de gerência de pavimentos. Em seu trabalho, o autor organizou os trechos em três grupos de acordo com a região geológica, a saber:

1. Embasamento: região formada principalmente por solos originários de gnaisses, granulitos e granitos;
2. Gonduânicas sedimentares: solos que resultam da decomposição de rochas sedimentares, como argilitos, siltitos e arenitos;
3. Gonduânicas vulcânicas: região formada por solos originários da decomposição de basaltos.

A Figura 2.18 mostra as três diferentes regiões definidas por Marcon (1996) no estado de Santa Catarina, bem como a cidade de Itapoá, onde está localizado o trecho monitorado. Como pode-se perceber, a rodovia está inserida no embasamento e, portanto, serão aqui utilizados os modelos desenvolvidos para essa região.

Figura 2.18 – Regiões geológicas no estado de Santa Catarina



Fonte: Adaptado de Oliveira (2007).

Dentre todos os modelos propostos por Marcon (1996), serão utilizados neste trabalho apenas aqueles desenvolvidos para a irregularidade longitudinal e para as deflexões. As equações propostas pelo autor são:

Irregularidade longitudinal:

$$QI = 25,798 + 6,0 \times 10^{-6} \times NA - 3,0 \times 10^{-13} \times NA^2 \quad (2.4)$$

$$R^2 = 0,69$$

Onde:

QI = Quociente de Irregularidade (contagem/km);

NA = Número equivalente acumulado de solicitações do eixo padrão (8,2tf) calculado pela metodologia AASHTO.

Deflexão máxima média:

$$DEFM = 26,097 \times NA^{0,0954} \quad (2.5)$$

$$R^2 = 0,19$$

Onde:

DEFM = Deflexão máxima média ($\times 10^{-2}$ mm);

NA = Número equivalente acumulado de solicitações do eixo padrão (8,2tf) calculado pela metodologia AASHTO.

2.3.2 Modelos de previsão de desempenho de Vitorello (2008)

O trabalho de Vitorello (2008) foi desenvolvido com base no estudo experimental da rodovia BR-290, localizada no estado do Rio Grande do Sul. Para este trabalho de conclusão de curso também foram utilizados apenas os modelos desenvolvidos pelo autor no que diz respeito à irregularidade longitudinal e à medida de deflexões.

Irregularidade longitudinal:

$$QI = 19,35 + 0,82 N_{acum} + 5,81 \times i \quad (2.6)$$

$$R^2 = 0,51$$

Onde:

QI = Quociente de Irregularidade (contagem/km);

Nacum = Número equivalente de solicitações do eixo padrão (8,2tf) calculado pela metodologia AASHTO;

i = Variável *dummy* (i=0, original; i=1, restaurado).

Deflexão máxima:

$$DEF = 47,87 + 1,65 N_{acum} \quad (2.7)$$

$$R^2 = 0,46$$

Onde:

DEF = Deflexão medida com FWD ($\times 10^{-2}$ mm);

Nacum = Número equivalente de solicitações do eixo padrão (8,2tf) calculado pela metodologia AASHTO.

3 CARACTERIZAÇÃO DO SEGMENTO MONITORADO

3.1 LOCALIZAÇÃO

A Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) está monitorando um total de sete trechos desde 2012, todos localizados no estado de Santa Catarina. Como mencionado no início do trabalho, o trecho que será aqui analisado é o que fica localizado no município de Itapoá, na SC-415. A Empreiteira Fortunato Ltda. foi responsável pela construção da rodovia, com projeto de Sotepa.

Figura 3.1 – Localização do município de Itapoá-SC



Fonte: Contribuidores da Wikipédia (2018).

As coordenadas do início do trecho são: 26°07'29.3"S e 48°38'11.7"W, tendo como marcos inicial e final do trecho as estacas 1170 e 1185. A rodovia é em pista simples, com uma secção transversal de 10,50 m (7,00 m de pista de rolamento e 1,75 m de acostamentos laterais), (Pérez, 2016), com extensão do trecho monitorado de 300,00 metros.

Segundo Trichês (2014), o trecho está localizado a uma altitude de 30 metros na região de maior pluviosidade do Estado de Santa Catarina, com valores que ultrapassam 2.400mm/ano. Destaca-se que durante o período construtivo, em 49,5% o tempo ficou com chuva ou impraticável (TRICHÊS, 2014).

3.2 ECONOMIA DA REGIÃO

De acordo com o Município de Itapoá (2014), as bases da economia são o turismo e o Porto Itapoá, mas outras atividades que também se destacam são a construção civil, a pesca artesanal, a agricultura de subsistência e a pecuária.

Um ponto importante a se destacar é que impacta diretamente nas condições das estradas em seu entorno é a presença do Porto de Itapoá. De acordo com Itapoá Terminais Portuários S.A. (2018), as operações no porto tiveram início em 2011, com uma estrutura que permitia movimentar em torno de 500 mil TEUs (*Twenty-foot Equivalent Unit*; em português, unidade equivalente a 20 pés) por ano.

Segundo Redação Globo Rural (2018), o Porto de Itapoá estava operando acima da sua capacidade desde 2013. Para atender à essa demanda, em outubro de 2016 tiveram início as obras de ampliação do Porto, que foram concluídas em agosto de 2018. No total foram investidos 360 milhões de reais (PORTO ITAPOÁ, 2018), ampliando a capacidade do porto para 1,2 milhão de TEUs/ano.

Durante esse período, além das cargas transportadas em direção ao porto, que consistem basicamente em caminhões frigoríficos, os quais trafegam carregados na faixa Garuva-Itapoá e retornam pela faixa oposta vazios e com alguns eixos suspensos, houve a movimentação de mais de 200.000 m³ de material para as obras de ampliação do Porto. Somase a isso a movimentação de materiais provenientes da empresa de terraplenagem que se instalou no trecho em 2014, resultando em um aumento pontual das solicitações ao pavimento nessa faixa, que foram muito superiores às previstas na fase de projeto, agravando mais rapidamente os danos.

3.3 ESTRUTURA DO PAVIMENTO

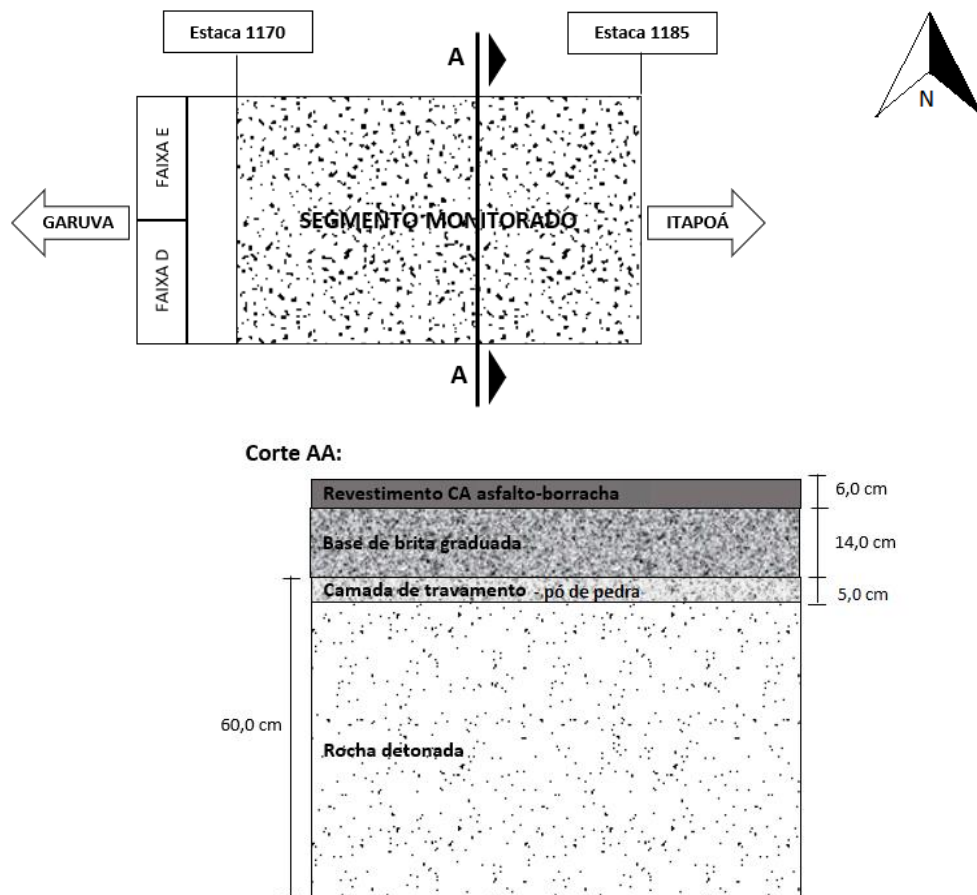
O dimensionamento da estrutura do pavimento foi feito de acordo com SOUZA (1981), admitindo-se para o cálculo que o revestimento era o de uma mistura convencional e período de projeto de 10 anos. Este método utiliza como principal parâmetro o chamado número N, valor que representa o número de repetições dos eixos dos veículos, para o período de projeto, que causa dano equivalente ao eixo-padrão rodoviário de 8,2 tf.

Inicialmente o projeto previa a abertura do tráfego para o ano de 2004, com solicitação prevista calculada pelo Método USACE (*United States Army Corps of Engineers*) de $N = 6,49 \times 10^6$. Entretanto, a rodovia foi aberta ao tráfego apenas ao final de 2011 e, por essa razão, o número de solicitações foi recalculado utilizando-se uma taxa de crescimento de tráfego de

7,41% ao ano (SOTEP, 2001 apud Pérez, 2016) e ano de abertura 2012, resultando em $N = 1,16 \times 10^7$.

O resultado do dimensionamento, como apresentado por Pérez (2016), foi uma estrutura composta de 60,00 cm de rocha detonada (colocada como camada final de terraplenagem) e uma camada de travamento, 14,00 cm de brita graduada empregada como base, e por fim, 6,00 cm de revestimento CA asfalto-borracha.

Figura 3.2 – Esquema da pista e da estrutura do segmento monitorado



Fonte: Elaboração própria (2018).

3.3.1 Camada de sub-base

De acordo com o projeto inicial, o solo do trecho monitorado apresentava um CBR (*California Bearing Ratio*) de 9,6%, de modo que foi definido que a compactação deveria atingir 95% do valor de Proctor Normal (PN) do subleito. Posteriormente, seria então realizada uma camada de sub-base em macadame seco, de espessura 17,00 cm.

Entretanto, durante a fase de execução ocorreram períodos de alta pluviosidade, impedindo que o grau de compactação fosse atendido. Desta forma, foi necessário realizar uma

alteração no projeto em que ao final determinou-se a execução de uma camada de rocha detonada de origem gnáissica, com espessura de 60,00 cm. Em seguida, foi espalhado pó de pedra para preencher os vazios intergranulares na região superior da camada e auxiliar no travamento da estrutura.

Figura 3.3 – Camada final de terraplenagem



Fonte: Trichês (2014).

Figura 3.4 – Execução da camada de rocha detonada



Fonte: Trichês (2014).

Figura 3.5 – Espalhamento do pó de pedra para travamento da estrutura



Fonte: Trichês (2014).

3.3.2 Camada de base

O material empregado na camada de base foi a brita graduada de origem gnáissica, com espessura final de 14,00 cm. O Quadro 3.1 apresenta os dados referentes ao agregado, que se encaixa na Faixa “I” do DEINFRA-SC ou Faixa “A” do DNIT.

Quadro 3.1 – Características do agregado: camada de base

MATERIAL PÉTREO	Tipo		Gnaisse		
	Abrasão (máximo 50%)		Faixa "A" 25,4		
	Durabilidade (máximo 12%)		0,65		
	Lamelar / Índice de forma 25% > 0,4		8,0 / 2,25		
	% Absorção		0,54		
GRANULOMETRIA	Faixa de Projeto		Faixa "I" DEINFRA-SC		
	TRAÇO	2"	65%		
		Pó	35%		
	PENEIRAS		PROJETO	FAIXA "I" DEINFRA	FAIXA DE TRABALHO
		2"	-	-	
		1 1/2"	-	90 - 100	
		1"	78,1	70 - 95	
		3/4"	-	-	
		1/2"	-	-	
		3/8"	52,4	30 - 65	
		4	42,3	25 - 55	
		10	28,2	15 - 40	
		40	13,4	8 - 20	
		80	-	-	
		200	3,9	2 - 8	
CARACTERÍSTICAS DA MISTURA	Densidade real		2,763		
	Densidade aparente		2,728		
	Máxima densidade aparente seca (g/cm³)		2,248		
	Umidade ótima (%)		6,5		
	Nº de golpes		ID P/ 74 Golpes = 4,6% ⁽¹⁾		
	CBR (%)		146,5		
	Máxima densidade pista (g/cm³)				
	Equivalente de areia (%)		67,5 (Espec. > 30,0 %)		
	Nº de passadas		12,0		
	Rolo compactador (marca/modelo)		COMBAT CB 250G - 12,1 t		
	Nº de passadas		6,0		
	Rolo compactador (marca/modelo)		CP 271 DNPAC - 18,0 t		

Observações relativas ao Quadro 3.1:

(1) ID: índice de degradação para 74 golpes/camada

Fonte: Adaptado de Trichês (2014).

Figura 3.6 – Execução da camada de base



Fonte: Trichês (2014).

3.3.3 Revestimento asfáltico

O projeto inicial previa uma espessura de revestimento asfáltico de 10,00 cm em CA convencional, de acordo com o dimensionamento feito pelo método do DNER (1981) e dosagem da mistura seguindo a metodologia Marshall. No entanto, como foi empregado CA asfalto-borracha, que apresenta maior resistência à fadiga, aplicou-se um coeficiente de redução de 40% na espessura do revestimento asfáltico, o que resultou em uma altura de 6,00 cm, seguindo as recomendações de Caltrans (apud FONTES, 2009). O agregado empregado está dentro da faixa IV do Instituto do Asfalto.

Quadro 3.2 – Características da mistura asfáltica

Quadro 3.2 - Características da mistura asfáltica					
MATERIAL PÉTREO	Tipo		Gnaisse		
	Abrasão (%)		Faixa “A” 26,9		
	Sanidade (%)		0,78		
	Lamelar / Índice de forma 25% > 0,4		8,0 / 2,3		
	% Absorção		0,38		
AGREGADOS	Densidade real (g/cm³)		2,796		
	Densidade aparente (g/cm³)		2,767		
PROJETO DA MISTURA	Características da mistura				
	TRAÇO	3/4"		20,0%	
		3/8"		25,0%	
		Pó		53,5%	
		Borracha		15,0%	
		Cal CH-1		1,5%	
	PENEIRAS	Porcentagem em massa, passando			
			PROJETO	FAIXA IV-B INSTIT. ASFALTO	FAIXA DE TRABALHO
		3/4"	100	100 - 100	100 - 100
		1/2"	91,5	80 - 100	84,5 - 98,5
		3/8"	84,9	70 - 90	77,9 - 90,0
		4	60,4	50 - 70	55,4 - 65,4
		8	44,0	35 - 50	39,0 - 49,0
		30	24,0	18 - 29	19,0 - 29,0
		50	17,5	13 - 23	13,0 - 22,5
		100	10,9	8 - 16	8,0 - 13,9
		200	7,2	4 - 10	5,2 - 9,2
CARACTERÍSTICAS METODOLOGIA MARSHALL		Densidade máxima teórica		2,501	
	Densidade aparente		2,390		
	Teor de asfalto (%)		6,10		
	Volume de vazios = Vv (%)		4,20 (3 a 5)		
	Relação Betume/vazios = RBV (%)		77,2 (65 a 78)		
	Estabilidade (kgf)		1167 (> 800)		
	Fluência (1/100 pol)		13,4 (2 - 4)		
	Equivalente de areia (%)		65,2 (Especificação > 55%)		
	Finos/ligante		1,18		

Fonte: Adaptado de Trichês (2014).

Figura 3.7 – Resultado final da obra

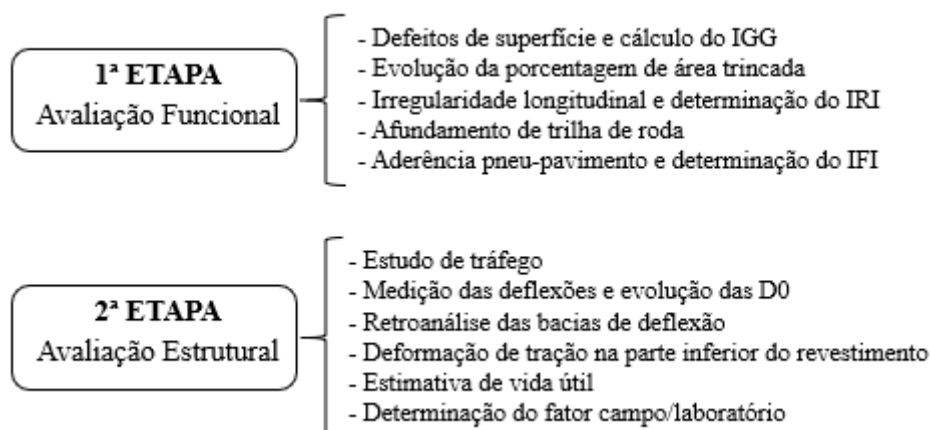


Fonte: Website da Empreiteira Fortunato Ltda.

4 MÉTODO DE TRABALHO

O fluxograma mostrado na Figura 4.1 sumariza as duas etapas principais do método de trabalho, a avaliação funcional e a avaliação estrutural, bem como o que será feito em cada uma delas. Em seguida são descritos com mais detalhes os ensaios, métodos de avaliação e os equipamentos empregados.

Figura 4.1 – Esquema do método de pesquisa



Fonte: Elaboração própria.

4.1 AVALIAÇÃO FUNCIONAL

Os pavimentos são avaliados funcionalmente por meio do levantamento dos defeitos superficiais e cálculo do IGG (Índice de Gravidade Global), da irregularidade superficial e da aderência pneu-pavimento. Esses parâmetros visam descrever o pavimento levando em consideração principalmente o conforto e segurança do usuário. Defeitos de superfície e cálculo do IGG

Defeitos de superfície

O levantamento dos defeitos superficiais das duas faixas do segmento monitorado de Itapoá foi executado pelo Laboratório de Pavimentação da UFSC nos anos de 2012, 2015 e 2016, sendo que em 2017 apenas a faixa mais solicitada (Garuva-Itapoá) foi inventariada. Os defeitos observados nestas saídas de campo foram: trincas das classes FC-1, FC-2 e FC-3; afundamento de consolidação e plástico; ondulação; escorregamento; exsudação; desgaste; buraco e remendo. A Figura 4.2 mostra o levantamento de defeitos superficiais feito no ano de 2016.

Figura 4.2 – Levantamento de defeitos superficiais em 2016



Fonte: Pérez (2016).

Para que se pudesse fazer uma análise evolutiva, foram medidas as áreas superficiais de cada defeito. Os inventários dos levantamentos feitos para os anos de 2012, 2015 e 2016 são apresentados no Anexo A obtidos de Pérez (2016), e os levantamentos de 2017 foram obtidos de Aguiar (2017), também presentes no Anexo A.

O Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos (BRASIL, 2006b) afirma que um valor de área trincada superior a 20% já indica comprometimento estrutural do pavimento e faz-se necessária uma intervenção de restauração. Por fim, foram analisadas as áreas trincadas (somatório das áreas de FC-1, FC-2 e FC-3) em valores absolutos e percentuais, comparando-se tanto com a área total quanto com a área de trilha de roda.

Além disso, foi calculada a área trincada para cada estaca. Para isso, definiu-se que o trecho correspondente a cada estaca consistia nos 10,00 metros antes e 10,00 metros depois da marcação, totalizando uma extensão de 20,00 metros (com exceção das estacas dos extremos do segmento, 1170 e 1185, que ficaram apenas com 10,00 metros). O objetivo desse cálculo foi avaliar como evoluiu a área trincada na região de abrangência de cada estaca.

Cálculo do Índice de Gravidade Global

A Norma DNIT 006/2003 – PRO (Brasil, 2003b) chamada “Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos – Procedimento” apresenta os padrões de avaliação superficial do pavimento, além de descrever a aparelhagem, os cálculos de degradação do pavimento e o IGG.

Primeiramente define-se a superfície de avaliação, que é demarcada por duas seções transversais distantes 3,00 m em cada sentido a partir da estaca considerada e pelos bordos extremos da faixa de tráfego. Como o trecho monitorado é em pista única, de acordo com Brasil

(2003b) faz-se necessária a avaliação das duas faixas de tráfego, com uma largura de 3,50 m por faixa.

Tais superfícies de avaliação são espaçadas alternadamente em 20,00 m entre ambas as faixas de rolamento, o que equivale dizer que, em uma mesma faixa, as estações de avaliação ficam dispostas a cada 40,00 m. Para facilitar a determinação dos defeitos as superfícies devem ser pintadas no pavimento recebendo o mesmo número da estaca, que deverá também ser pintado junto ao bordo do revestimento.

As flechas, medidas em milímetros, correspondem ao maior valor medido em cada trilha para as trilhas de roda interna (TRI) e externa (TRE). Além disso, dentro de cada área demarcada são anotados quaisquer defeitos definidos na Norma DNIT 005/2003-TER observados no pavimento.

O primeiro cálculo a ser realizado é o das frequências absolutas e relativas para os defeitos apresentados no Quadro 4.1 abaixo, em que a frequência absoluta pode ser definida como o número de vezes em que o defeito foi observado.

Quadro 4.1 – Planilha de cálculo do IGG

RODOVIA:						Data:	Folha:
TRECHO:						Estaca / Quilômetro	Estaca / Quilômetro
SUB-TRECHO:							
ITEM	NATUREZA DO DEFEITO	FREQUÊNCIA ABSOLUTA	FREQUÊNCIA ABSOLUTA CONSIDERADA	FREQUÊNCIA RELATIVA	FATOR DE PONDERAÇÃO	ÍNDICE DE GRAVIDADE INDIVIDUAL (IGI)	OBS
1	Trincas isoladas				0,2		
2	(FC-2), J, TB				0,5		
3	(FC-3), JE, TBE				0,8		
4	ALP, ATP, ALC, ATC				0,9		
5	O, P, E				1,0		
6	EX				0,5		
7	D				0,3		
8	R				0,6		
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TRE	TRE =	TRI =	F =	1 A () 1 B ()		
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	TREv =	TRiv =	FV =	2 A () 2 B ()		
Nº total de estações		n =	Σ IGI = IGG				Conceito
						Operador	
1 A) IGI = F x 4/3 quando F ≤ 30						Cálculo	
2 A) IGI = FV quando FV ≤ 50						Visto	
1 B) IGI = 40 quando F > 30							
2 B) IGI = 50 quando FV > 50							

Observações relativas ao Quadro 4.1:

Trincas isoladas = FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR

Fonte: Adaptado de Brasil (2003b).

Calcula-se a frequência relativa através da Equação 4.1.

$$f_r = \frac{f_a \times 100}{n} \quad (4.1)$$

Onde:

f_r = frequência relativa;

f_a = frequência absoluta;

n = número total de estações.

Em seguida, para cada ocorrência inventariada calcula-se o Índice de Gravidade Individual (IGI) pela Equação 4.2, aplicando-se o fator de ponderação (f_p) correspondente apresentado no Quadro 4.1.

$$IGI = f_r \times f_p \quad (4.2)$$

Onde:

IGI = Índice de Gravidade Individual;

f_r = frequência relativa;

f_p = fator de ponderação.

Vale ressaltar que, ainda de acordo com o Quadro 4.1, os valores de IGI calculados para os afundamentos de trilhas de roda seguem um procedimento um pouco diferente. Para esses, primeiro devem ser calculados os valores de média (F) e variância (FV) entre os afundamentos, para que então seja determinado o valor de IGI através das equações apresentadas no mesmo Quadro.

Por fim, determina-se o Índice de Gravidade Global através do somatório dos Índices de Gravidade Individuais (Equação 4.3), conceituando o estado de degradação do pavimento por meio dos índices já apresentados na Tabela 2.2, no Capítulo 2.

$$IGG = \sum IGI \quad (4.3)$$

Onde:

IGG = Índice de Gravidade Global;

IGI = Índice de Gravidade Individual.

4.1.1 Irregularidade longitudinal

Os dados referentes à irregularidade longitudinal do trecho monitorado de Itapoá foram inventariados em três momentos: em março de 2014 (pelo Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro COPPETEC/UFRJ), em maio de 2016 (pela BR Distribuidora SA) e em dezembro de 2017

(pela Stratura Asfaltos), sendo empregado em todos os levantamentos o equipamento Perfilômetro Inercial a Laser, modelo da empresa Cibernétrica Ltda (Figura 4.3).

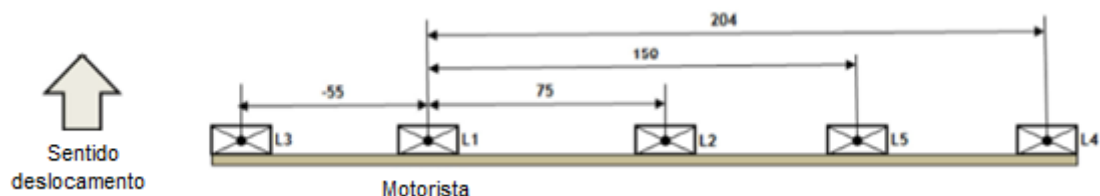
Figura 4.3 – Perfilômetro a laser



Fonte: Trichês (2014, apud PÉREZ, 2016).

Segundo Stratura Asfaltos (2017), no perfilômetro a laser as leituras são feitas por meio de sensores de distância sem contato, os quais estão fixados a uma barra presa na parte frontal do veículo, medidores de aceleração vertical, além de um sistema de medição de deslocamento/velocidade instalado na roda traseira.

Figura 4.4 – Posicionamento e distância entre os módulos laser (cm)



Fonte: Stratura Asfaltos (2018).

O perfil longitudinal do segmento monitorado foi obtido a partir dos dados coletados de forma contínua e à velocidade constante de 60,00 km/h pelos módulos L1, L2 e L5. Os valores de IRI (*International Roughness Index*, em português Índice de Irregularidade Internacional, medido em m/km) e de QI (Quociente de Irregularidade, avaliado em contagens/km) foram determinados a partir da média das medições dos três sensores para um total de 32 pontos de medição (16 pontos por faixa de rolamento). A classificação foi realizada de acordo com a Tabela 4.1. Posteriormente os resultados obtidos foram comparados com os modelos de previsão de desempenho de Marcon (1996) e Vitorello (2008).

Tabela 4.1 – Conceitos de acordo com IRI e QI

Conceito	Irregularidade	
	IRI (m/km)	QI (contagem/km)
Excelente	1 - 1,9	13 - 25
Bom	1,9 - 2,7	25 - 35
Regular	2,7 - 3,5	35 - 45
Ruim	3,5 - 4,6	45 - 60
Péssimo	> 4,6	> 60

Fonte: Adaptado de Brasil (2006b).

4.1.2 Afundamento de trilha de roda

O afundamento de trilha de roda é a depressão que surge ao longo do tempo nas trilhas de roda (PESSOA, 2012). Esse defeito pode ser causado pela compactação inadequada de alguma camada estrutural do pavimento na fase construtiva, por uma mistura asfáltica de qualidade ruim associada a temperaturas elevadas durante sua aplicação ou pela inexistência ou perda de suporte dos materiais das camadas inferiores ao revestimento devido à uma eventual infiltração de água.

Os levantamentos dos afundamentos de trilha de roda externa desse trabalho foram feitos a partir de dois equipamentos: treliça e perfilômetro a laser. A Universidade Federal de Santa Catarina foi responsável pelos dados obtidos em 2012, 2015, 2016 e 2017, utilizando em todas as ocasiões a treliça. O perfilômetro a laser foi utilizado pela COPPETEC, BR Distribuidora SA e Stratura Asfaltos para coleta dessas informações nos anos de 2014, 2016 e 2017, respectivamente.

A norma DNIT 006/2003-PRO (BRASIL, 2003b) descreve as dimensões da treliça que deve ser utilizada na obtenção dos valores de afundamento, tendo uma base de 1,20 m. O Laboratório de Pavimentação da UFSC elaborou um dispositivo semelhante, com base de mesma distância (1,20 m), consistindo em uma barra metálica e uma régua, onde eram feitas as leituras. Como valores limites, ARTESP (2014) determina que os afundamentos de trilha de roda devem ser inferiores a 7,00 mm.

Figura 4.5 – Dispositivo semelhante à treliça metálica (base de 1,20 m)



Fonte: Laboratório de Pavimentação da UFSC.

4.1.3 Aderência pneu-pavimento

A aderência pneu-pavimento é medida através do atrito da superfície em contato com os pneumáticos dos veículos que sobre ela trafegam, por meio dos parâmetros de macro e microtextura do pavimento. Para que a avaliação do desempenho da aderência pneu-pavimento fosse possível, bem como a determinação do índice IFI (*International Friction Index*), foram utilizados os equipamentos *grip tester* e pêndulo britânico na determinação da microtextura do pavimento, e o perfilômetro a laser e o ensaio de mancha de areia para a macrotextura.

Grip tester

O equipamento *grip tester* foi utilizado em 2014 e em 2016 para fazer as medidas de microtextura superficial do pavimento no trecho monitorado. O primeiro levantamento de dados foi executado pelo COPPETEC/UFRJ e o segundo, pela empresa BR Distribuidora SA.

Figura 4.6 – *Grip tester*



Fonte: Pérez (2016).

O equipamento é constituído por um reboque e três rodas do tipo deslizômetro (APS, 2006), em que o ensaio consiste na medição do atrito pneu-pavimento numa simulação de superfície molhada pela ocorrência de chuva (DYNATEST, 2018a). Segundo Aguiar (2017), o grip tester foi rebocado a uma velocidade de 24,00 km/h, aspergindo-se constantemente uma lâmina de espessura 1,00 mm à frente da roda central durante todo o levantamento.

Considerando que o Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos do DNIT (Brasil, 2006b) não apresenta parâmetros de avaliação da microtextura com base no *grip number* (coeficiente de atrito obtido a partir do equipamento *grip tester*), os resultados obtidos foram comparados com os valores estabelecidos pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC, 2012), admitindo-se, segundo a Agência, uma tolerância de 2,5% sobre os valores obtidos para o coeficiente de atrito.

Tabela 4.2 – Parâmetros de coeficiente de atrito para o *grip tester*

Equipamento	Pneu		Velocidade do ensaio (km/h)	Profundidade da lâmina d'água simulada (mm)	Coeficiente de atrito	
	Tipo	Pressão (kPa)			Nível de manutenção	Nível mínimo
Grip Tester	C	140	65	1,0	0,53	0,43
	C	140	95	1,0	0,36	0,24

Fonte: Adaptado de ANAC (2012).

Para que o ensaio seja realizado em diferentes localidades, mas ainda assim produza resultados passíveis de comparação, Júnior *et.al.* (2005) afirmam que a borracha do pneu da roda do grip tester é padronizada por organismos internacionais e a medida das forças verticais e horizontais é feita de forma contínua por tensiômetros. O valor do grip number (GN), utilizado pelo equipamento para o cálculo do coeficiente de atrito, é obtido através da Equação 4.4 (JÚNIOR *et.al.*, 2005).

$$GN = \frac{F_v}{F_h} \quad (4.4)$$

Onde:

GN = Grip number;

Fv = Força vertical (kgf);

Fh = Força horizontal (kgf).

Pêndulo britânico

O pêndulo britânico determina por uma medida escalar o grau de escorregamento (ou derrapagem) presente na superfície de um pavimento (BRASIL, 2006b). No segmento

monitorado de Itapoá, foi este o equipamento empregado no levantamento de dados realizado em de 2015.

De acordo com Dynatest (2018b), o pêndulo britânico foi desenvolvido com o objetivo de simular a derrapagem do pneu de um veículo que trafega a uma velocidade aproximada de 60 km/h, fornecendo medidas da resistência à fricção entre a borracha existente na extremidade do braço do equipamento e a superfície da pista. As medidas do atrito, obtidas a partir das trilhas de roda externas, são expressas como Valor de Resistência à Derrapagem (VRD) e simulam, segundo Brasil (2006b), um pneumático padrão derrapando sobre o pavimento a uma velocidade de 48 km/h.

Figura 4.7 – Pêndulo britânico



Fonte: Pérez (2016).

Ainda segundo o autor, de forma simplificada, a diferença entre as alturas do centro de gravidade da sapata de borracha tomada antes e depois que ela desliza sobre a superfície do pavimento é utilizada para avaliar a perda de energia devido à fricção. Os valores de VRD são classificados de acordo com a Tabela 4.3, sendo sugerido um limite de $VRD \geq 55$ (BRASIL, 2006b), também adotado como referência por ARTESP (2014).

Tabela 4.3 – Classes de acordo com o Valor de Resistência à Derrapagem

Classes	VRD
1 - Perigosa	< 25
2 - Muito lisa	25 - 31
3 - Lisa	32 - 39
4 - Insuficientemente rugosa	40 - 46
5 - Medianamente rugosa	47 - 54
6 - Rugosa	55 - 75
7 - Muito rugosa	> 75

Fonte: Adaptado de Brasil (2006b).

Perfilômetro a laser

No levantamento realizado em 2016, o equipamento empregado para a avaliação da macrotextura foi o perfilômetro a laser – mesmo aparelho utilizado para a coleta de dados referente à irregularidade longitudinal.

Segundo Mattos (2014) o perfilômetro a laser faz a leitura simultânea do deslocamento longitudinal, da altura do veículo até o pavimento e da aceleração vertical do veículo, em que a aceleração vertical é transformada em deslocamento vertical do veículo e ao final, obtém-se a profundidade média do perfil pela média aritmética dos valores levantados.

Por ser um método de avaliação funcional ainda não consolidado nacionalmente, até o momento não há uma classificação de macrotextura em função das medidas obtidas com o uso do perfilômetro a laser, sendo então os valores de MPD convertidos para valores de altura de areia (HS) por meio da Equação 4.5.

$$ETD = 0,2 + (0,8 \times MPD) \quad (4.5)$$

Onde:

$ETD = Estimated\ Texture\ Depth$, estimativa da mancha de areia (mm);

$MPD = Mean\ Profile\ Depth$, resultado do perfilômetro a laser (mm).

Mancha de Areia

O ensaio de mancha de areia foi empregado nos levantamentos realizados em 2014 e 2015 para avaliação da macrotextura do pavimento. A areia utilizada possui características padronizadas e o ensaio consiste no espalhamento de um volume conhecido desta areia, de forma circular sobre o pavimento, até que os vazios da superfície estejam completamente preenchidos. A partir do volume conhecido de areia utilizado e da medida do diâmetro do círculo formado (obtido a partir da média aritmética entre três valores medidos em direções distintas), pode-se determinar a altura de areia (HS) através da seguinte equação:

$$HS = \frac{4V}{D^2\pi} \quad (4.6)$$

Onde:

HS = altura de areia (mm);

V = volume conhecido da areia padronizada (mm³);

D = diâmetro médio do círculo de areia (mm).

Figura 4.8 – Equipamentos para ensaio de Mancha de Areia



Fonte: Pérez (2016).

A classificação da macrotextura do pavimento foi feita de acordo com os valores de HS propostos por Brasil (2006b) e apresentados na Tabela 4.4 a seguir, em que o autor sugere que os valores fiquem dentro do intervalo de 0,60 mm e 1,20 mm que evitam, segundo Bernucci *et. al.* (2008), o desgaste excessivo dos pneus dos veículos, um consumo maior de combustível e uma maior tendência de ruído ao rolamento, bem como diminuem o risco de hidroplanagem em situações de pista molhada. Para a altura de areia ARTESP (2014) recomenda valores entre 0,60 e 1,20 mm.

Tabela 4.4 – Classificação da macrotextura de acordo com HS

Profundidade Média (mm)	Textura Superficial
$HS < 0,20$	Muito fina ou muito fechada
$0,20 < HS < 0,40$	Fina ou fechada
$0,40 < HS < 0,80$	Média
$0,80 < HS < 1,20$	Grosseira ou aberta
$HS > 1,20$	Muito grosseira ou aberta

Fonte: Adaptado de Brasil (2006b).

International Friction Index – IFI

Bernucci *et. al.* (2008) definem o IFI como a medida do atrito de um veículo de passeio que se desloca a uma velocidade constante de 60 km/h sobre um pavimento molhado, com pneus lisos e rodas travadas. O roteiro de cálculo do IFI foi retirado de APS (2006) e é apresentado a seguir.

A partir de um valor de macrotextura, que pode ser obtido a partir do ensaio de mancha de areia ou do perfilômetro a laser, é calculada a constante de velocidade (S_p) a partir da Equação 4.7, em que as constantes a e B são apresentadas na Tabela 4.5.

$$S_p = a + B \cdot Tx \quad (4.7)$$

Onde:

S_p = constante de velocidade de referência;

a e B = constantes relacionadas ao método de obtenção da macrotextura;

Tx = medida da macrotextura (mm).

Tabela 4.5 – Constantes a e B para cálculo da constante de velocidade S_p

ENSAIO	Mancha de areia	Perfilômetro a Laser
a	-11,6	14,2
B	113,6	89,7

Fonte: Adaptado de PIARC (1992, apud APS, 2006).

Com o valor de atrito (FRS) obtido a partir de um dos dois equipamentos, calcula-se o valor de FR_{60} – constante que se refere à velocidade de deslizamento de 60 km/h – através da Equação 4.8. Ressalta-se que, a partir dessa equação, pode-se converter a medida de atrito tomada a qualquer velocidade em uma medida equivalente de atrito a 60 km/h.

$$FR_{60} = FRS^{[(S-60)/S_p]} \quad (4.8)$$

Onde:

FR_{60} = valor do atrito ajustado para a velocidade de 60 km/h;

FRS = valor da macrotextura;

S_p = constante de velocidade de referência;

S = constante da velocidade do equipamento.

Por fim, estima-se o atrito harmonizado de referência (F_{60}) a partir do valor de FR_{60} pela Equação 4.9, em que os parâmetros A, B e C são apresentados na Tabela 4.6. Assim, os valores de S_p e F_{60} são o IFI de um pavimento e permitem que seja feita a curva estimada de referência de atrito *versus* velocidade de deslizamento.

$$F_{60} = A + B \cdot FR_{60} + C \cdot Tx \quad (4.9)$$

Onde:

F_{60} = valor de atrito harmonizado à velocidade de 60 km/h;

A, B e C = constantes relacionadas ao equipamento empregado na determinação da microtextura;

FR_{60} = valor do atrito ajustado para a velocidade de 60 km/h;

T_x = medida de microtextura (mm).

Tabela 4.6 – Parâmetros de cálculo do atrito harmonizado

Equipamento	<i>Grip tester</i> (U.K.)	<i>Pendulum tester</i> BTP (USA)
A	0,082	0,056
B	0,91	0,008
C	0	0
S	9,4	10

Fonte: Adaptado de PIARC (1992, apud APS, 2006).

Os resultados de F_{60} são classificados de acordo com a Tabela 4.7 fornecida pelo DNIT (BRASIL, 2006b), sendo que ARTESP (2014) estabelece um mínimo de 0,22 para os valores de IFI.

Tabela 4.7 – Classificação do IFI

CONCEITO	IFI	
	Mínimo	Máximo
Ótimo	> 30	
Bom	0,20	0,30
Regular	0,13	0,16
Ruim	0,06	0,12
Péssimo	< 0,06	

Fonte: Adaptado de Brasil (2006b).

4.2 AVALIAÇÃO ESTRUTURAL

A avaliação estrutural leva em consideração os aspectos estruturais do pavimento buscando descrever de forma objetiva e quantitativa o seu comportamento frente às solicitações às quais o pavimento está submetido. Nesta etapa, analisam-se as medidas de deflexões, realiza-se a retroanálise das bacias de deflexão, calcula-se a deformação de tração da parte inferior da camada de revestimento e por fim faz-se a estimativa de vida útil do pavimento, bem como a determinação dos fatores campo/laboratório.

4.2.1 Estudo de tráfego

Para que seja possível a análise estrutural deve-se, primeiramente, fazer o levantamento da quantidade e tipo dos veículos que trafegam pela rodovia estudada. Assim, o estudo de tráfego visa a partir de contagens volumétricas de tráfego estimar o número $N_{8,2tf}$ de projeto.

Os valores do tráfego original e do tráfego atualizado para o segmento monitorado de Itapoá são apresentados na Tabela 4.8 e Tabela 4.9, obtidos de Pérez (2016). Destaca-se que para ambos os resultados o método empregado foi o da USACE. Observa-se, então, que o tráfego previsto para o período de projeto passou dos iniciais $1,16 \times 10^7$ para $3,90 \times 10^7$ e que em 2017, já teria se atingido o tráfego previsto pela empresa Sotepa para o período de projeto.

Tabela 4.8 – Crescimento do $N_{8,2tf}$ para o ano de abertura ao tráfego (Projeto Sotepa Ltda)

Ano	N_{anual}	$N_{acumulado}$
2012	8,68E+05	8,68E+05
2013	9,34E+05	1,80E+06
2014	9,92E+05	2,79E+06
2015	1,05E+06	3,84E+06
2016	1,11E+06	4,96E+06
2017	1,18E+06	6,14E+06
2018	1,25E+06	7,39E+06
2019	1,33E+06	8,71E+06
2020	1,41E+06	1,01E+07
2021	1,49E+06	1,16E+07

Fonte: Adaptado de Sotepa (2001, apud Pérez, 2016).

Tabela 4.9 – $N_{8,2tf}$ atualizado a partir da contagem de tráfego de 2016

Ano	N_{anual}	$N_{acumulado}$
2012	8,68E+05	8,68E+05
2013	9,34E+05	1,80E+06
2014	9,92E+05	2,79E+06
2015	1,05E+06	3,84E+06
2016	3,00E+06	6,85E+06
2017	4,94E+06	1,18E+07
2018	5,59E+06	1,74E+07
2019	6,33E+06	2,37E+07
2020	7,17E+06	3,09E+07
2021	8,13E+06	3,90E+07

Fonte: Adaptado de Pérez (2016).

4.2.2 Medição de deflexões

Viga Benkelman

As deflexões do segmento monitorado de Itapoá foram medidas em 2011 com a viga Benkelman nas duas faixas de tráfego, com braço de alavanca de dimensões $a/b:2/1$ e a carga aplicada era a carga do eixo-padrão, 8,2 tf. A partir do ensaio foram obtidos os valores de D_0 para cada estaca do segmento, que seriam utilizados posteriormente para avaliar a evolução das deflexões.

O primeiro passo é fazer uma leitura inicial na ponta de prova e, após afastar-se o caminhão de uma distância suficiente para que não haja mais variações na medição do extensômetro, faz-se a leitura final. O valor de D_0 pode ser calculado de acordo com Equação 2.2.

Falling Weight Deflectometer

Nos anos de 2014, 2016 e 2017 o equipamento utilizado para fazer o levantamento das deflexões máximas recuperáveis no segmento monitorado de Itapoá foi o deflectômetro de impacto conhecido como *Falling Weight Deflectometer*, ou apenas, FWD. A obtenção dessas deflexões para cada estaca é realizada a partir de um carregamento dinâmico.

O procedimento de uso do deflectômetro para a obtenção dos resultados é descrito por Stratura Asfaltos (2017) como um conjunto de massas que estão em queda livre e se chocam contra um sistema de amortecimento de borrachas, transmitindo a força proveniente deste impacto para uma placa circular segmentada que está em contato com o pavimento. Em seguida, registra-se o carregamento aplicado por meio de um transdutor de pressão que está ligado à placa circular, medindo-se as deflexões por meio dos sensores do equipamento.

A carga do conjunto de massas é de aproximadamente 40 N (Stratura Asfaltos, 2017), tendo sido posicionada a cerca de 90,00 cm da borda externa da faixa ensaiada. As deflexões foram medidas para cada estaca em sete pontos (7 sismômetros): D_0 , D_1 , D_2 , D_3 , D_4 , D_5 e D_6 , localizados respectivamente a 0,00 cm, 20,00 cm, 30,00 cm, 45,00 cm, 60,00 cm, 90,00 cm e 120,00 cm de distância do ponto de aplicação da carga, em que o valor de D_0 corresponde à máxima deflexão recuperável.

Figura 4.9 – *Falling Weight Deflectometer*



Fonte: Trichês (2014).

Evolução das deflexões máximas recuperáveis (D0)

Os valores de D0 obtidos a partir dos levantamentos foram comparados com os de deflexão máxima admissível calculados a partir da Equação 4.10, que consta na norma DNER 269/94 (BRASIL, 1994a), constituindo o critério de fadiga.

$$\log \bar{D} = 3,148 - 0,188 \log N_p \quad (4.10)$$

Onde:

\bar{D} = deflexão máxima admissível (0,01 mm);

N_p = número cumulativo de solicitações do eixo-padrão de projeto (8,2 tf).

Nesta etapa os resultados também foram comparados com os modelos de previsão de desempenho de Marcon (1996) e Vitorello (2008).

4.2.3 Retroanálise das bacias de deflexão

A retroanálise das bacias de deflexão foi realizada a partir do software BAKFAA, desenvolvido pela *Federal Aviation Administration* (FAA), órgão de aviação dos Estados Unidos da América. O programa tem como base a teoria de sistemas de camadas elásticas e foi empregado para estimar os módulos de resiliência (MR) para cada camada do pavimento.

Figura 4.10 – Tela inicial do software BAKFAA

BAKFAA - FAA Backcalculation (2.0.0.0) with LEAF (2003.6.11.0)

Layer Nbr	Young's Modulus, PSI	Poisson's Ratio	Interface Parameter (0 to 1.0)	Thickness, in	Layer Changeable
1	200.000	0,35	1,00	5,0000	<input type="checkbox"/>
2	75.000	0,35	1,00	8,0000	<input checked="" type="checkbox"/>
3	40.000	0,35	1,00	12,0000	<input checked="" type="checkbox"/>
4	9.000	0,35	1,00	95,0000	<input checked="" type="checkbox"/>
5	60.000	0,35	1,00	0,0000	<input type="checkbox"/>
6	0	0,00	0,00	0,0000	<input type="checkbox"/>
7	0	0,00	0,00	0,0000	<input type="checkbox"/>
8	0	0,00	0,00	0,0000	<input type="checkbox"/>
9	0	0,00	0,00	0,0000	<input type="checkbox"/>
10	0	0,00	0,00	0,0000	<input type="checkbox"/>

Sensor	1	2	3	4	5	6	7
Offset, in	-12,0	0,0	12,0	24,0	36,0	48,0	60,0
Defln, mil	21,04	31,37	17,58	11,25	8,17	5,91	4,33
Calc, mil							

☐ English ☐ Metric

☐ Delete negative offset sensors

Iteration Tolerance: 0.0001 Evaluation Depth, in: 25,0001

Plate Radius, in: 5,91 Plate Load, lb: 24.000

Function RMS, mil: Iteration Number:

Loaded Deflection, mil: 31,37 Unloaded Deflection, mil: Calculated J.T.E, %:

Fonte: Elaboração própria.

A retroanálise foi feita de duas maneiras: na primeira foram calculados os módulos de resiliência de todas as camadas sem restrições e, na segunda, foi fixado o módulo para o revestimento em 3.159 MPa, valor correspondente à parte real do ensaio reológico realizado por Pérez (2016) para uma temperatura de 20°C e frequência de 10 Hz.

Segundo Bernucci *et. al.* (2008), para que seja feita a retroanálise, os dados de entrada necessários são: a configuração do carregamento, a bacia deflectométrica, a seção-tipo do pavimento, os coeficientes de Poisson e as faixas de valores modulares para cada camada da estrutura. Para o software BAKFAA, além desses dados, deve-se informar a aderência de cada camada em relação às camadas adjacentes, com valores variando de 0 (sem aderência) e 1 (completamente aderida).

Os valores de módulo de resiliência inicial foram retirados de Aguiar (2017) e os de coeficiente de Poisson, de Pérez (2016). Dessa forma tem-se os resultados mostrados na Tabela 4.10.

Tabela 4.10 – Dados de entrada: BAKFAA

Camada	Módulo de Resiliência Inicial (MPa)	Coefficiente de Poisson	Aderência	Espessura da Camada (cm)
Revestimento asfáltico	6000	0,27	1	6
Base	260	0,35	1	14
Sub-base	200	0,35	1	60
Subleito	180	0,45	1	-

Fonte: Elaboração própria.

O primeiro passo para utilizar o *software* BAKFAA é alterar as unidades para o sistema métrico (“*Metric*”). Em seguida, informam-se os dados de entrada apresentados na Tabela 4.10, onde:

4. *Young’s Modulus*: módulo de resiliência inicial;
5. *Poisson’s Ratio*: coeficiente de Poisson;
6. *Interface Parameter*: aderência;
7. *Thickness*: espessura da camada;
8. *Layer Changeable*: deve-se marcar esta opção para todas as camadas em que se quer que o software calcule o valor de módulo resiliente (revestimento, base, sub-base e subleito).

Como não foram utilizados sensores para registrar as deflexões em nenhuma posição localizada antes do ponto de aplicação da carga devem-se excluir tais campos, marcando a função “*Delete negative offset sensors*”. Além disso, a profundidade de análise do programa (“*Evaluation Depth*”) é igual a zero e são informados o raio da placa (150mm) bem como a carga aplicada (fornecidas para cada estaca no relatório do levantamento, apresentado no Anexo A), respectivamente em “*Plate Radius*” e “*Plate Load*”. Por fim devem ser definidas as posições dos sete sensores (“*Offset*”), em que as distâncias do sensor até o ponto de aplicação da carga são informadas em milímetros e as deflexões medidas em cada um deles (“*Defln*”). Após essas definições o programa está pronto para rodar e deve-se clicar em “*Backcalculate*” para que seja feita a retroanálise.

Figura 4.11 – Configurações do BAKFAA

BAKFAA - FAA Backcalculation (2.0.0.0) with LEAF (2003.6.11.0)

Layer Nbr	Young's Modulus, MPa	Poisson's Ratio	Interface Parameter (0 to 1.0)	Thickness, mm	Layer Changeable
1	6000	0,27	1,00	60	<input checked="" type="checkbox"/>
2	260	0,35	1,00	140	<input checked="" type="checkbox"/>
3	200	0,35	1,00	600	<input checked="" type="checkbox"/>
4	180	0,45	1,00	0,00	<input checked="" type="checkbox"/>
5	0,00	0,00	0,00	0,00	<input type="checkbox"/>
6	0,00	0,00	0,00	0,00	<input type="checkbox"/>
7	0,00	0,00	0,00	0,00	<input type="checkbox"/>
8	0,00	0,00	0,00	0,00	<input type="checkbox"/>
9	0,00	0,00	0,00	0,00	<input type="checkbox"/>
10	0,00	0,00	0,00	0,00	<input type="checkbox"/>

Sensor	1	2	3	4	5	6	7
Offset, mm	0	200	300	450	600	900	1200
Defin, mc	460	311	214	138	101	65	48
Calc, mc							

☒ Delete negative offset sensors

Iteration Tolerance: 0.0001 Evaluation Depth, mm: 0
 Plate Radius, mm: 150 Plate Load, KN: 41.2
 Function RMS, mc: Iteration Number:

Loaded Deflection, mc: 796,80 Unloaded Deflection, mc: Calculated J.T.E, %:

Approach Depart

Batch Graph Help Exit

FWD File Type: No Distance Load

Select All Clear All Select Load and Run LEAF

Fonte: Elaboração própria.

Depois de terminado o processo de retroanálise, feito de forma iterativa, são mostrados na tela os resultados dos módulos de resiliência encontrados e das deflexões calculadas. Além disso, o *software* gera um gráfico comparando as deflexões calculadas com as deflexões medidas, fornecendo para cada par a raiz quadrática média (“*Function RMS*”) do erro, em que a máxima tolerância recomendada é de 1 a 2% (LIVNEH, 1999; IRWIN *et al.*, 1989, apud FERNANDES, 2000). Para as estacas em que os valores de RMS das deflexões foram superiores a 3%, calculou-se o erro relativo pela Equação 4.11 e comparou-se cada valor com os erros admissíveis propostos por Fernandes (2000).

$$\varepsilon (\%) = \left[\frac{(d_{mi} - d_{ci})}{d_{mi}} \right] \times 100 \quad (4.11)$$

Onde:

ε = erro relativo (%);

d_{mi} = deflexão medida;

d_{ci} = deflexão calculada.

Tabela 4.11 – Erro RMS admissível

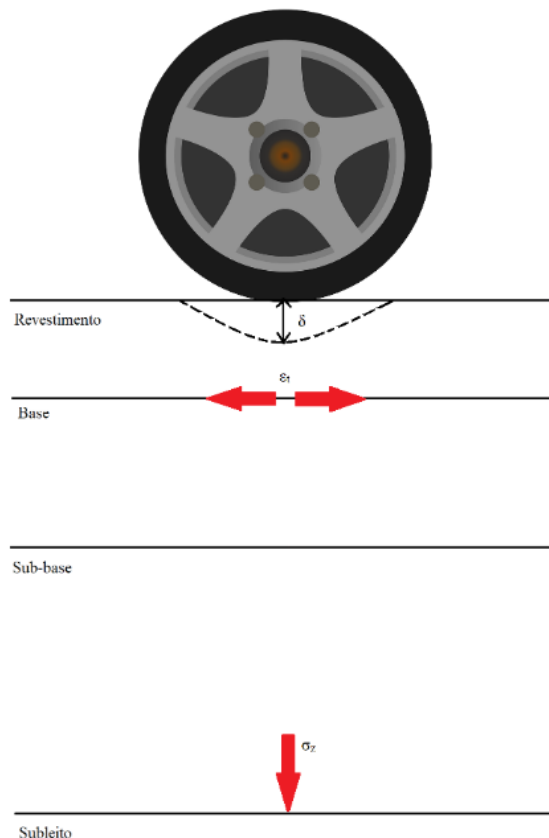
Posição do sensor (cm)	Erro admissível (%)
0	10
20	10
30	10
45	10
60	20
90	20
120	50

Fonte: Adaptado de Fernandes (2000).

4.2.4 Análise mecanicista da estrutura

A deformação de tração sofrida na face inferior da camada de revestimento asfáltico está ligada ao trincamento por fadiga. O pavimento fica submetido a um ciclo de carregamento e descarregamento que se repete ao longo de sua vida útil e, quando da passagem dos veículos, as principais solicitações a que ele está submetido são a deformação de tração (ϵ_t) na parte inferior do revestimento asfáltico e a tensão de compressão (σ_z) na camada final de terraplenagem, como esquematizado na Figura 4.12.

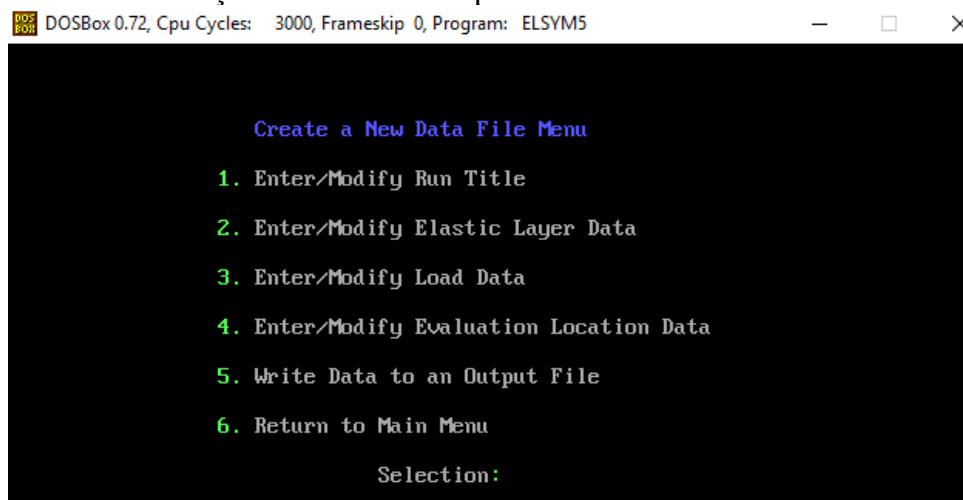
Figura 4.12 – Deformação de tração (ϵ_t) e tensão de compressão (σ_z) no pavimento



Fonte: Elaboração própria.

O cálculo de deformação de tração foi feito empregando-se o *software* ELSYM5. Para começar a análise, deve-se escolher o menu “*Create a New Data File*” na tela inicial do *software*. Em seguida, a caracterização das camadas que compõem o pavimento é definida no item 2 “*Enter/Modify Elastic Layer Data*”, conforme mostra a Figura 4.13.

Figura 4.13 – Caracterização das camadas do pavimento: ELSYM5



Fonte: Elaboração própria.

O número de camadas informadas deve ser 4 e a ordem de detalhamento se faz de cima para baixo, portanto: revestimento, base, sub-base e subleito. Os dados de entrada (Tabela 4.12) foram obtidos de Pérez (2016) e a Figura 4.14 mostra esses valores no ELSYM5 para a faixa Garuva-Itapoá.

Tabela 4.12 – Módulos de resiliência das camadas do pavimento (kgf/cm²)

Camada	Garuva-Itapoá	Itapoá-Garuva
Revestimento	50590	64510
Base	3750	2900
Sub-base	1320	1310
Subleito	1270	1200

Fonte: Adaptado de Pérez (2016).

Figura 4.14 – Configurações iniciais: ELSYM5

DOSBox 0.72, Cpu Cycles: 3000, Frameskip 0, Program: ELSYM5

ELASTIC LAYER DATA

Number of layers: 4

Layer Number	(top to bottom)	Thickness (inches)	Poisson's Ratio	Modulus of Elasticity
1		6.00	.27	50590.00
2		14.00	.35	3750.00
3		60.00	.35	1320.00
4		.00	.45	1270.00

*Note: Enter Zero thickness when bottom layer is semi-infinite.

Fonte: Elaboração própria.

Na próxima tela, define-se o valor do carregamento, que equivale a 8200 lbs dividido por 4, tomando-se apenas uma roda, resultando em 2050 lbs. A pressão de enchimento dos pneus é determinada por 2050 lbs dividido pela área do pneu, $\pi \times 10,8^2$, que resulta em 5,60 psi. A posição dos carregamentos é a posição relativa entre as rodas, sendo a primeira nas coordenadas (0,00; 0,00) e a segunda nas coordenadas (31,00; 0,00), medidas de centro a centro dos pneus.

Figura 4.15 – Carregamentos: ELSYM5

DOSBox 0.72, Cpu Cycles: 3000, Frameskip 0, Program: ELSYM5

LOAD DATA

Enter two of the following, the third is calculated.

Load: 2050.00lbs Pressure: 5.60 psi Load Radius: .00inches

Number of load locations: 2

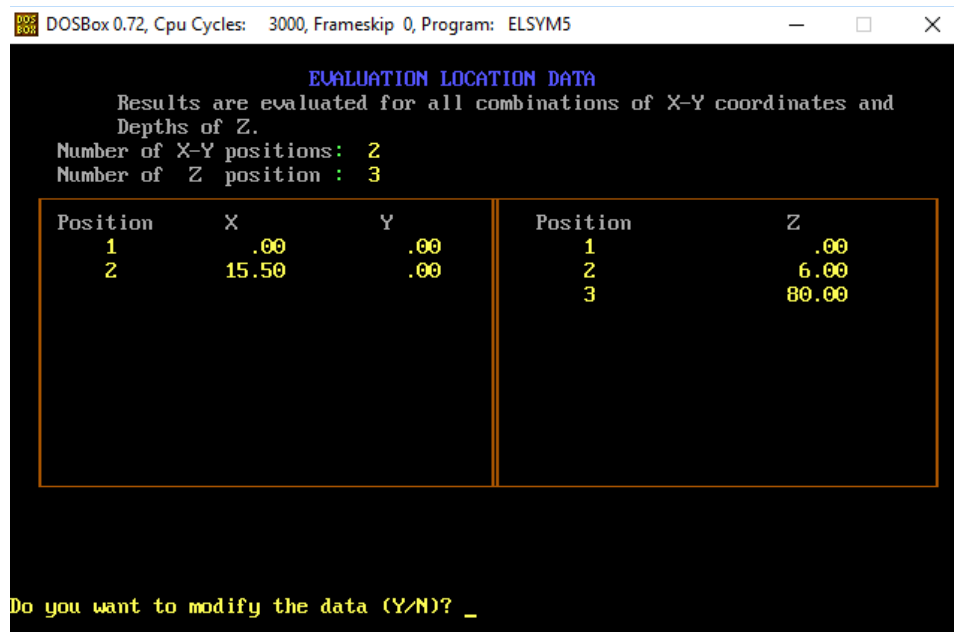
Location number =	Coordinates	X =	Y =
1		.00	.00
2		31.00	.00

Do you want to modify the data (Y/N)?

Fonte: Elaboração própria.

O próximo passo é informar ao *software* os pontos de análise, sendo 2 no plano X-Y e 3 no plano Z (profundidade). As coordenadas do primeiro ponto no plano X-Y são (0,00; 0,00), pois coloca-se a origem do plano cartesiano no centro da primeira roda. Já o segundo ponto possui valores (15,50; 0,00), considerando-se a metade da distância total de 31,00 cm. Com relação à profundidade, o primeiro valor de Z é zero, o segundo é na parte inferior da camada de revestimento, portanto 6,00 cm, e o último fica no topo da camada do subleito, a 80,00 cm.

Figura 4.16 – Pontos de análise: ELSYM5



Fonte: Elaboração própria.

Com todos os dados informados ao sistema parte-se para a análise e apresentação dos resultados, que serão mostradas no Capítulo 5. Essa verificação foi realizada para ambas as faixas de rolamento, para os valores da retroanálise com módulo de resiliência do revestimento variável.

4.2.5 Estimativa da vida útil

A estimativa da vida útil é feita ainda na fase de projeto e, o tráfego determinado neste momento (N de projeto), será empregado para todas as análises posteriores que levam em consideração tal parâmetro. Dessa forma, utilizou-se o modelo definido por Pérez (2016), definido para a mistura ainda nova (sem sofrer as ações do tráfego e dos fatores climáticos), para fazer a estimativa de vida útil do segmento monitorado de Itapoá, a partir da Equação 4.12.

$$N = 5,329 \times 10^{22} \varepsilon_t^{-7,2} \quad (4.12)$$

Onde:

N = número de repetições devidas ao carregamento para redução de 50% da rigidez inicial da mistura;

ε_t = deformação específica máxima de tração ocorrente na mistura asfáltica sob a ação do carregamento.

Ressalta-se que nesta estimativa considerou-se, no momento, o fator campo laboratório igual a 1 e que o número de solicitações previstas pelo modelo seria equivalente ao número de repetições do eixo padrão de 8,2 tf, calculado segundo o procedimento do USACE.

4.2.6 Fator campo/laboratório

O modelo de fadiga determinado em laboratório é obtido para um critério de norma que simboliza o número de solicitações necessário para reduzir em 50% a rigidez da mistura asfáltica. Entretanto, saber o que isso significa em campo é uma tarefa complexa, já que medir a rigidez da mistura após ela ter sofrido as ações do tráfego e do clima é um processo de difícil execução.

O fator campo/laboratório, também chamado de função de transferência, seria então um coeficiente que busca aproximar as duas realidades (o que acontece no laboratório com o que se verifica em campo). Para tanto, um dos parâmetros que se pode utilizar é a porcentagem de área trincada.

Ao se traçar um gráfico de porcentagem de área trincada pelo tráfego atuante, é possível obter uma modelagem e determinar para qual tráfego espera-se uma determinada porcentagem de trincamento. Esse processo permite aos gestores tomar decisões na fase de projeto na definição da quantidade de área trincada que seria interessante ao final da vida útil de projeto, permitindo um alinhamento entre o desempenho de pavimento que se espera e a quantia a ser investida na fase de construção e, ao final, restauração do mesmo.

Dessa forma, serão determinados os fatores campo/laboratório para as porcentagens de 5, 10, 20 e 30% de área trincada em cada faixa do segmento monitorado, levando-se em consideração o tráfego atuante e o tráfego determinado para a vida útil em cada ano avaliado.

5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

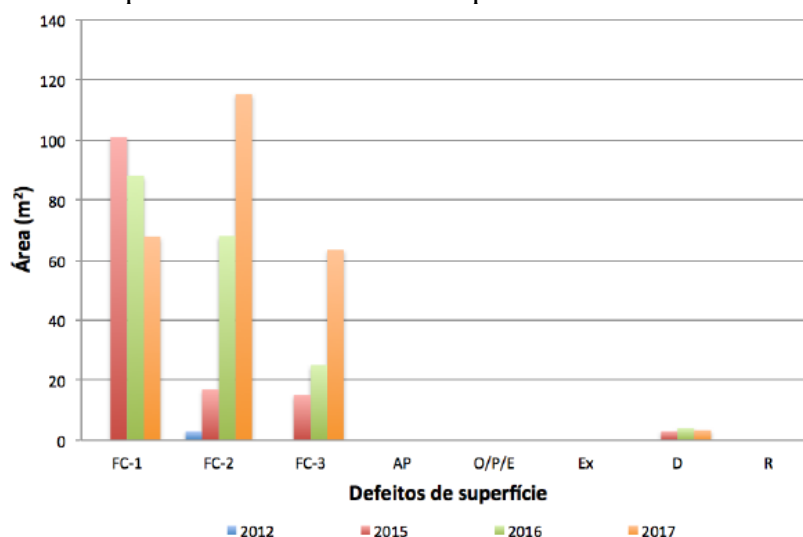
5.1 AVALIAÇÃO FUNCIONAL

5.1.1 Defeitos de superfície e cálculo do IGG

O monitoramento da evolução dos defeitos de superfície foi realizado por Pérez (2016) para os dados levantados em 2012, 2015 e 2016 e por Aguiar (2017) em 2017, ano em que foram apenas inventariados os defeitos da faixa mais solicitada, Garuva-Itapoá. Os dados dos levantamentos são apresentados na íntegra no Anexo A.

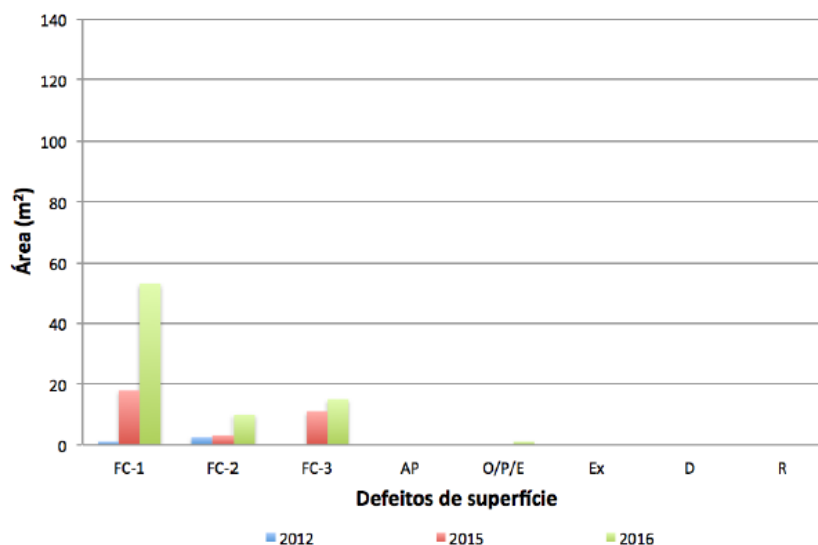
A Figura 5.1 mostra o valor absoluto da área trincada para a faixa Garuva-Itapoá e a Figura 5.2, para a faixa Itapoá-Garuva.

Figura 5.1 – Defeitos superficiais: faixa Garuva-Itapoá



Fonte: Aguiar (2017).

Figura 5.2 – Defeitos superficiais: faixa Itapoá-Garuva



Fonte: Aguiar (2017).

Como apontado por Aguiar (2017), já nos três primeiros anos de abertura ao tráfego houve um grande aparecimento de trincas do tipo FC-1, FC-2 e FC-3 na faixa Garuva-Itapoá, sendo a primeira em maior quantidade.

Pérez (2016) destaca que houve a evolução de várias trincas do tipo FC-1 em FC-2 e FC-3 e aponta algumas razões para explicar o agravamento acelerado dos defeitos superficiais nesta faixa, que são:

- A elevada carga que trafega nesta faixa no sentido do Porto de Itapoá;
- As trincas do tipo FC-1, que uma vez iniciadas, evoluem rapidamente para defeitos mais graves;
- A percolação de água nas trincas, levando-se em consideração que o trecho está localizado na região de maior pluviosidade no estado, com valores que superam os 2.400 mm anuais;
- A instalação de uma empresa de terraplenagem estaca E-1175 do segmento em 2014, que começou a explorar uma jazida de solo.

Para a faixa Itapoá-Garuva (Figura 5.2) pode-se perceber que a área comprometida pelos defeitos superficiais foi consideravelmente menor que na faixa oposta, com um agravamento também menos acelerado. No ano de 2017 houve um aparecimento significativo de defeitos superficiais, em especial do tipo FC-1.

Com relação à porcentagem de área trincada, essa foi calculada de duas formas: primeiro levando-se em consideração a área total de cada faixa ($A=3,50 \times 300,00 = 1050,00 \text{ m}^2$) e, depois, apenas tomando-se as áreas correspondentes às trilhas de roda ($A=1,20 \times 300,00 \times 2 =$

720 m²). A Tabela 5.1 traz os percentuais de área trincada calculados para a faixa Garuva-Itapoá em relação à superfície total do revestimento (%AT(1)) e em relação às áreas de trilha de roda (%AT(2)) e a Tabela 5.2, para a faixa Itapoá-Garuva.

Tabela 5.1 – Porcentagem de área trincada: faixa Garuva-Itapoá

	2012	2015	2016	2017
% AT (1)	0,22	12,54	19,55	25,10
% AT (2)	0,31	18,28	28,52	36,60

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 5.2 – Porcentagem de área trincada: faixa Itapoá-Garuva

	2012	2015	2016
% AT (1)	0,28	5,04	8,71
% AT (2)	0,41	7,35	12,70

Fonte: Elaboração própria.

De forma a facilitar a visualização da evolução dos diversos parâmetros empregados neste trabalho, cada um deles foi plotado em um gráfico em função do tráfego. Para isso, calculou-se a relação entre o tráfego atuante no momento de cada levantamento pelo tráfego original determinado em projeto, ou seja, sem a atualização feita em 2016 por Pérez (2016). Dessa forma, para cada critério adotado, tanto na avaliação funcional quanto na avaliação estrutural, serão apresentados tabelas e gráficos semelhantes.

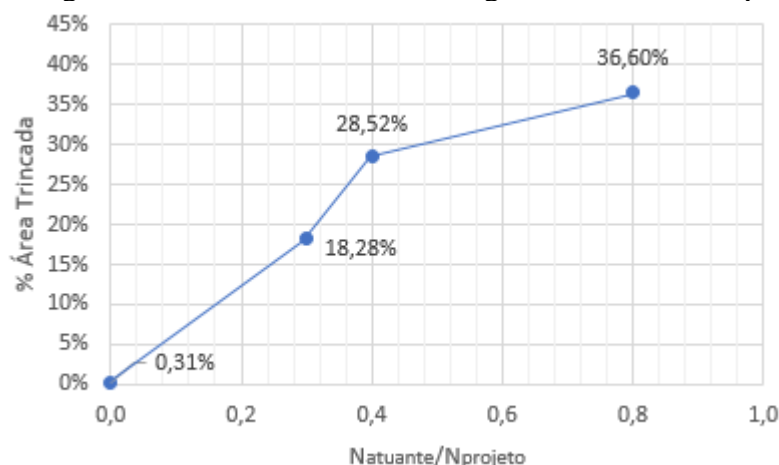
A Tabela 5.3 mostra os valores de porcentagem de área trincada nas trilhas de roda para as duas faixas, o tráfego atuante e o tráfego de projeto, bem como a relação entre eles. Os gráficos para as faixas Garuva-Itapoá e Itapoá-Garuva são apresentados na Figura 5.3 e Figura 5.4, respectivamente.

Tabela 5.3 – Evolução da área trincada com o tráfego (%)

Ano	N _{atuante}	N _{projeto}	Nat/N _p	Garuva-Itapoá	Itapoá-Garuva
2012	5,06x10 ⁵	1,16x10 ⁷	0,04	0,31	0,41
2015	3,05x10 ⁶	1,16x10 ⁷	0,26	18,28	7,35
2016	4,34x10 ⁶	1,16x10 ⁷	0,37	28,52	12,70
2017	8,91x10 ⁶	1,16x10 ⁷	0,77	36,60	-

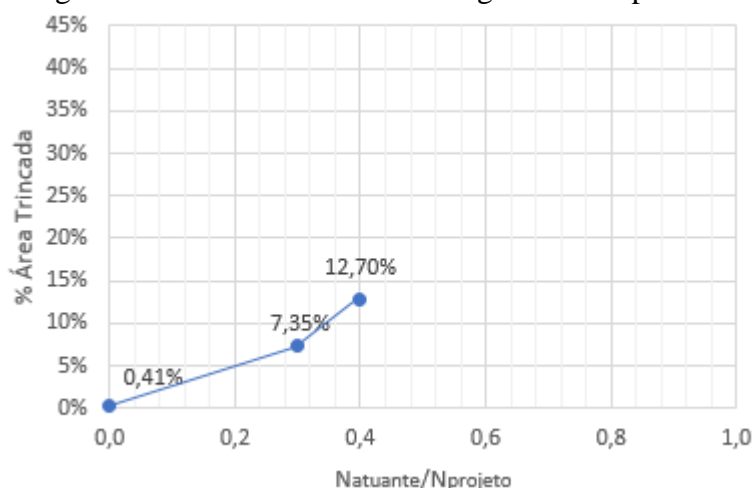
Fonte: Elaboração própria.

Figura 5.3 – Porcentagem de área trincada *versus* tráfego: faixa Garuva-Itapoá



Fonte: Elaboração própria.

Figura 5.4 – Porcentagem de área trincada *versus* tráfego: faixa Itapoá-Garuva



Fonte: Elaboração própria.

Com relação à porcentagem de área trincada, no ano de 2015 a faixa Garuva-Itapoá quase atingia o limite proposto por DNIT (2006b), aumentando 10% já no ano seguinte (2016), enquanto a faixa Itapoá-Garuva apresentava uma porcentagem de 7,35% em 2015, atingindo 12,70% no último levantamento.

De forma a dar um novo enfoque aos dados, foi então calculado o percentual dos defeitos superficiais para cada estaca, em que o comprimento de pista considerado foi, como explicado no capítulo anterior, de 10,00 metros antes e depois da marcação. Destacam-se os valores muito superiores nas estacas da faixa Garuva-Itapoá, visto que o tráfego mais carregado em direção ao Porto consiste principalmente em caminhões de contêineres frigoríficos, os quais retornam vazios. Os dados são apresentados nas Tabela 5.4 e Tabela 5.5 e nos gráficos da Figura 5.5 e Figura 5.6.

Tabela 5.4 – Área trincada (AT) em cada estaca: faixa Garuva-Itapoá

ESTACA	AT, Estaca (m²)			
	2012	2015	2016	2017
1170	0,00	19,80	21,68	24,30
1171	0,00	21,79	21,79	40,61
1172	0,00	3,20	17,32	17,32
1173	0,00	5,77	8,83	14,37
1174	0,00	7,75	20,53	23,15
1175	0,00	0,85	5,00	7,79
1176	0,00	5,76	9,36	9,70
1177	0,00	4,99	10,56	15,51
1178	0,00	0,26	1,58	4,23
1179	0,00	9,92	10,77	11,05
1180	0,00	5,15	7,79	11,65
1181	0,42	10,00	14,51	19,96
1182	1,84	25,54	29,27	36,01
1183	0,00	8,16	20,97	20,97
1184	0,00	2,28	4,93	6,42
1185	0,00	0,40	0,43	0,50

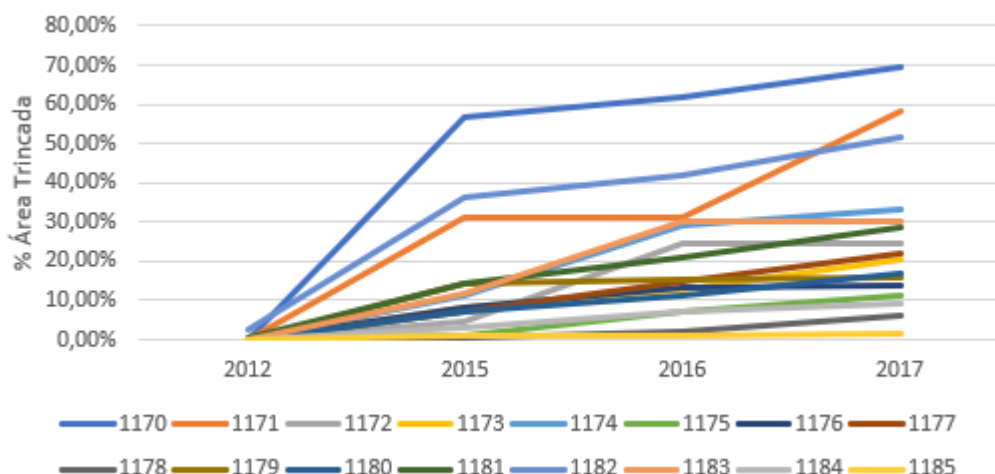
Fonte: Elaboração própria.

Tabela 5.5 – Área trincada (AT) em cada estaca: faixa Itapoá-Garuva

ESTACA	AT, Estaca (m²)		
	2012	2015	2016
1185	0,00	0,00	0,37
1184	0,00	3,54	6,56
1183	0,00	2,21	8,62
1182	0,00	0,00	2,91
1181	0,00	0,09	3,16
1180	0,00	0,00	1,48
1179	0,04	0,04	0,24
1178	0,20	0,54	2,32
1177	0,20	8,13	8,97
1176	0,00	0,00	0,16
1175	0,00	16,72	22,24
1174	1,68	1,68	2,15
1173	0,00	6,08	14,11
1172	0,21	11,70	12,02
1171	0,60	1,18	1,31
1170	0,00	1,00	4,82

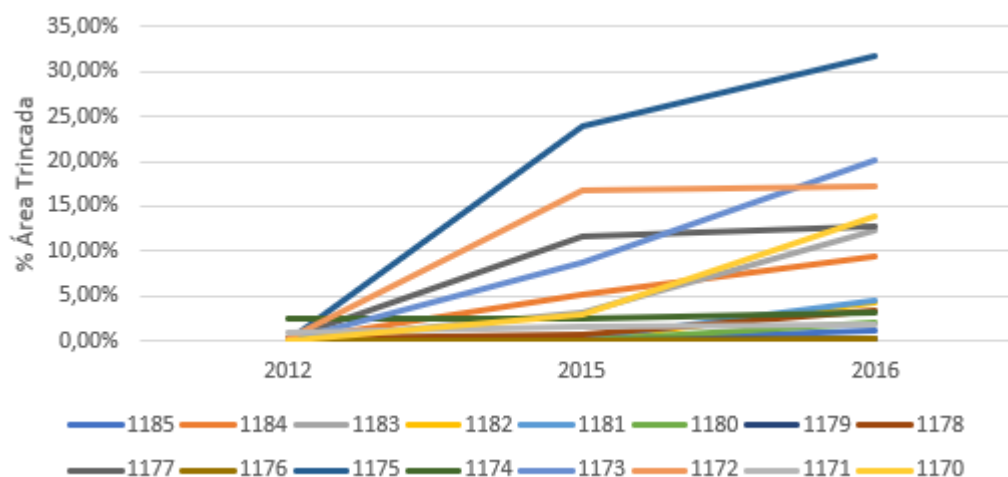
Fonte: Elaboração própria.

Figura 5.5 – Porcentagem de área trincada por estaca: faixa Garuva-Itapoá



Fonte: Elaboração própria.

Figura 5.6 – Porcentagem de área trincada por estaca: faixa Itapoá-Garuva



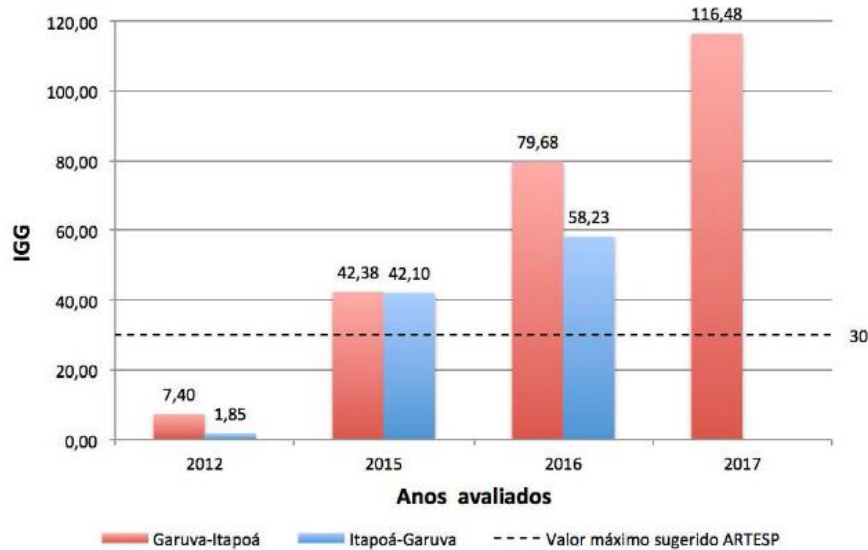
Fonte: Elaboração própria.

O cálculo do Índice de Gravidade Global seguiu o exposto na Norma DNIT 006/2003 – PRO (Brasil, 2003b), sendo os resultados aqui discutidos aqueles encontrados por Pérez (2016) e Aguiar (2017). As planilhas com os dados inventariados são apresentadas na íntegra no Anexo B.

Conforme esperado, os valores da faixa Garuva-Itapoá apresentaram uma evolução muito mais acelerada do que a faixa contrária, passando do conceito ótimo em 2012, para regular em 2015 e atingindo ruim no ano de 2017. A faixa Itapoá-Garuva também passou do conceito ótimo ao regular de 2012 a 2015, permanecendo regular em 2016, último dado levantado.

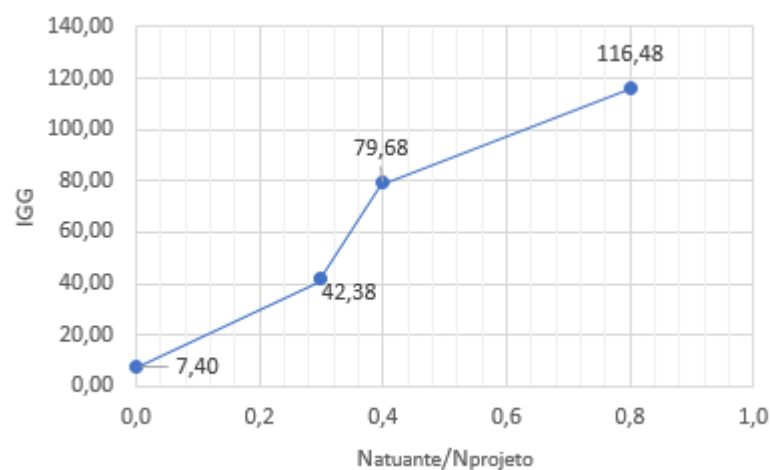
O limite estabelecido por ARTESP (2014) de $IGG \leq 30$ foi ultrapassado já no terceiro ano de abertura ao tráfego (2015) para ambas as faixas, como mostra a Figura 5.7. O grande aparecimento e agravamento das trincas nesse período implica na deterioração do pavimento, como confirmado através do IGG. Os resultados de IGG foram modelados em função do tráfego e são apresentados na Figura 5.8 e Figura 5.9.

Figura 5.7 – Evolução dos valores de IGG



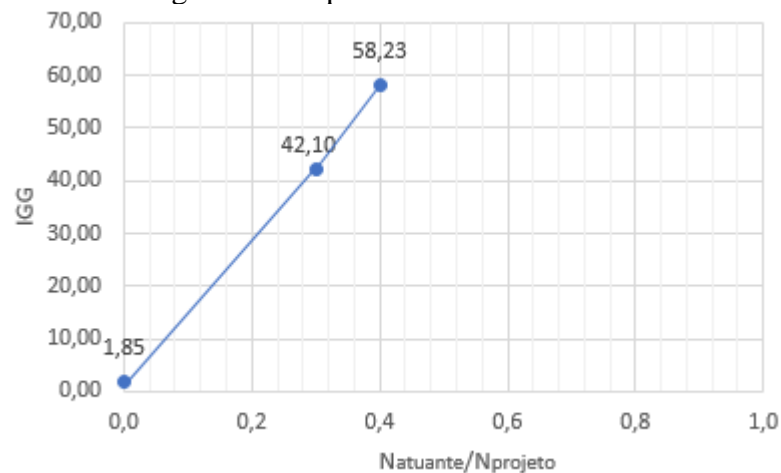
Fonte: Aguiar (2017).

Figura 5.8 – IGG *versus* tráfego: faixa Garuva-Itapoá



Fonte: Elaboração própria.

Figura 5.9 – IGG *versus* tráfego: faixa Itapoá-Garuva



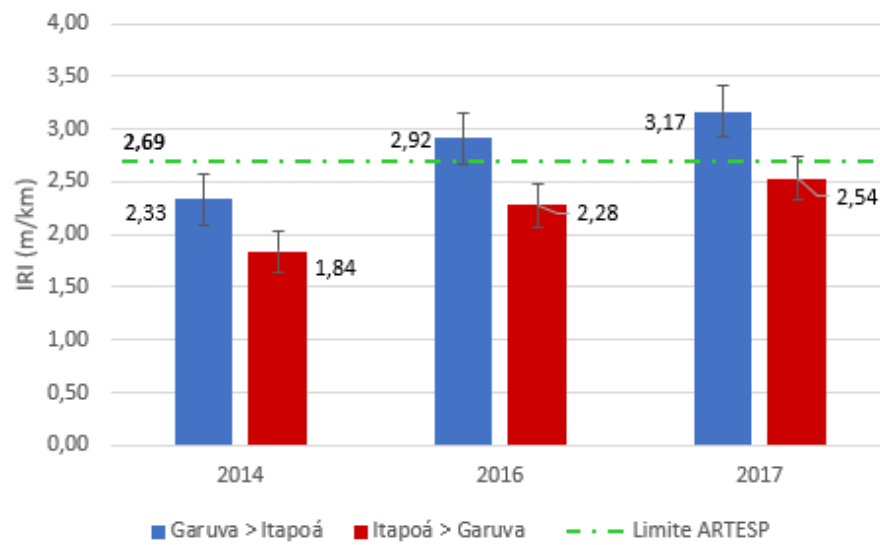
Fonte: Elaboração própria.

5.1.2 Irregularidade longitudinal

A irregularidade longitudinal é um dos fatores mais perceptíveis pelos usuários da via e, portanto, sua avaliação e monitoramento são de grande importância. Internacionalmente a sua classificação é feita de acordo com o *International Roughness Index* (IRI), também empregado aqui.

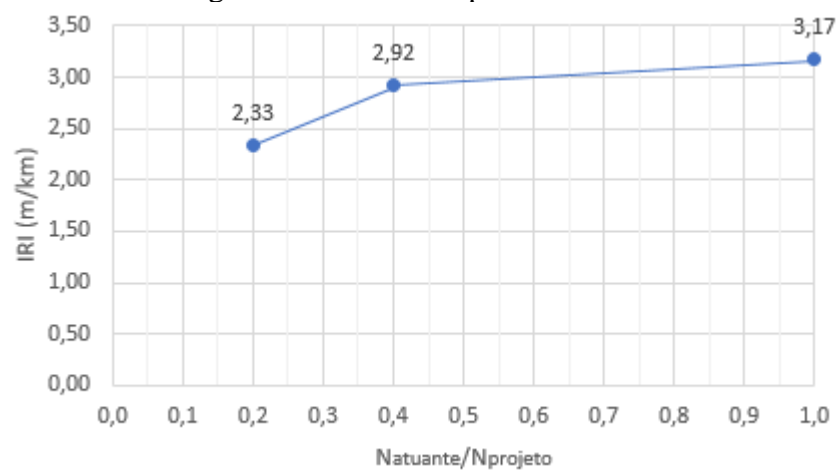
Os resultados dos levantamentos de 2014, 2016 e 2017 são apresentados no Anexo C, tendo sido realizados respectivamente pela COPPE/UFRJ, BR Distribuidora e Stratura Asfaltos. A Figura 5.10 mostra os valores médios calculados de IRI para cada faixa, bem como os desvios-padrão e o limite estabelecido por ARTESP (2014). Os valores de IRI para a faixa Garuva-Itapoá e Itapoá-Garuva modelados em função do tráfego são apresentados na Figura 5.11 e Figura 5.12, respectivamente.

Figura 5.10 – Classificação do IRI



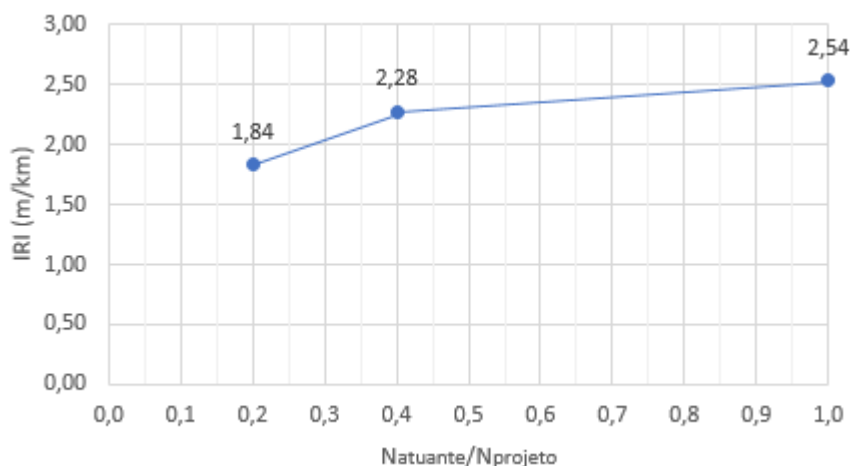
Fonte: Elaboração própria.

Figura 5.11 – IRI *versus* tráfego: faixa Garuva-Itapoá



Fonte: Elaboração própria.

Figura 5.12 – IRI *versus* tráfego: faixa Itapoá-Garuva



Fonte: Elaboração própria.

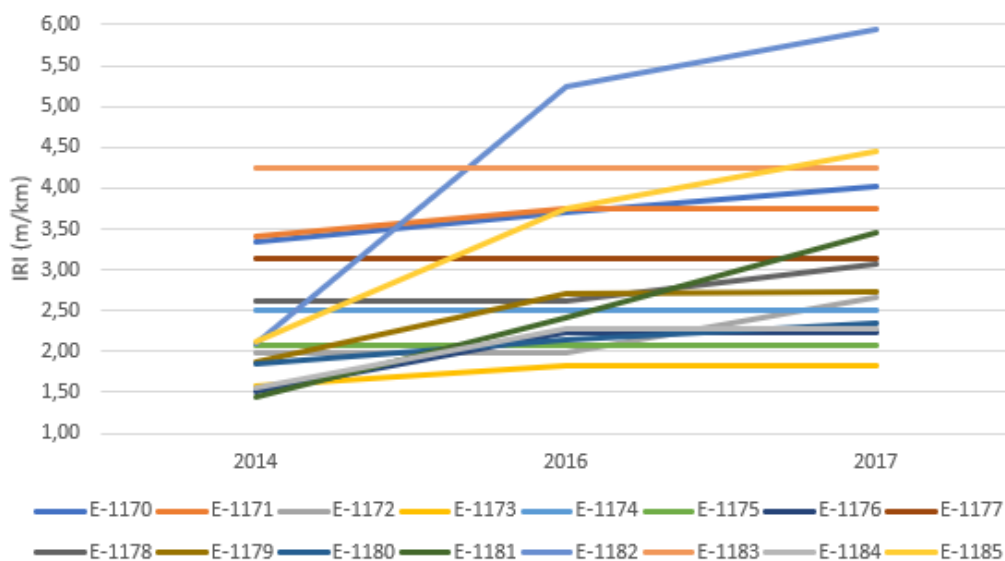
Para ambas as faixas, observa-se uma progressão do valor de IRI muito similar, sendo de 36% na faixa Garuva-Itapoá e 38% na faixa Itapoá-Garuva. Ainda assim, a faixa que segue em direção ao Porto de Itapoá apresenta um IRI superior, chegando a 3,17 m/km em 2017 frente aos 2,54 m/km no sentido oposto.

Com relação ao valor de 2,69 m/km estabelecido por ARTESP (2014), já a partir do segundo levantamento a faixa Garuva-Itapoá ultrapassou este limite, enquanto que a faixa Itapoá-Garuva ainda está abaixo, porém muito próxima do limite.

De acordo com a avaliação proposta por Brasil (2006b), para a faixa mais solicitada, a irregularidade longitudinal passou de boa em 2014 para regular em 2016, chegando a ruim no último levantamento, em 2017. A faixa Itapoá-Garuva também decaiu, passando de excelente em 2014 para boa em 2016, mantendo o conceito em 2017.

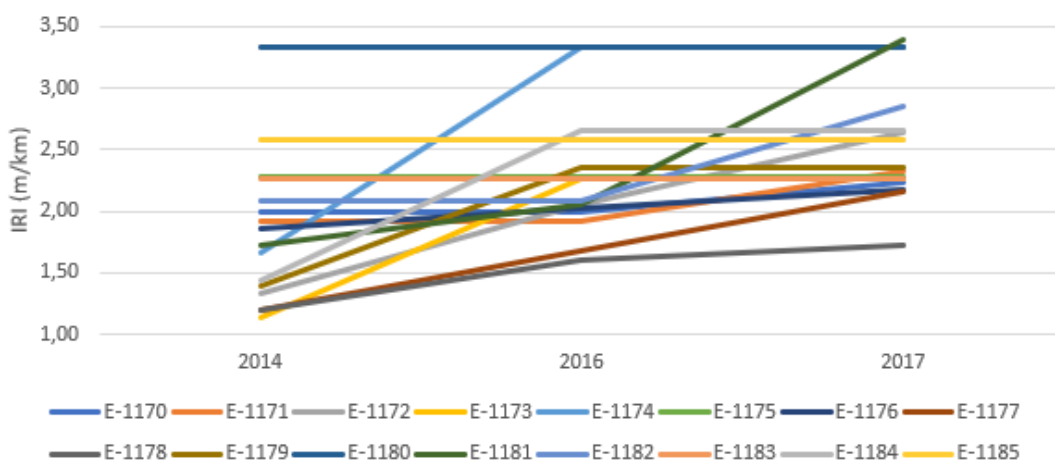
A Figura 5.13 e Figura 5.14 trazem os valores de IRI em cada estaca, para ambas as faixas inventariadas, respectivamente para os anos de 2014, 2016 e 2017. Destaca-se que os valores de IRI no sentido Garuva-Itapoá são mais elevados que os observados para a faixa Itapoá-Garuva (chama a atenção a evolução da estaca E-1182 que atingiu 5,94 m/km em 2017, valor destoante do conjunto). Essa diferença resulta provavelmente da presença do Porto de Itapoá, que faz com que caminhões mais carregados trafeguem na faixa em direção a Itapoá, acelerando a degradação do pavimento.

Figura 5.13 – Comparação valores de IRI para cada estaca: faixa Garuva-Itapoá



Fonte: Elaboração própria.

Figura 5.14 – Comparação valores de IRI para cada estaca: faixa Itapoá-Garuva



Fonte: Elaboração própria.

Como o número N foi dimensionado para o tráfego que segue na direção Garuva-Itapoá, já que este é o sentido que promove mais solicitações ao pavimento devido aos maiores carregamentos, deve-se levar isso em consideração no momento da comparação com os modelos de previsão de desempenho de Marcon (1996) e Vitorello (2008). A Tabela 5.6 mostra o resultado da comparação entre os valores de cada faixa e os dois modelos de previsão selecionados, em que o tráfego precisou ser recalculado pelo método da AASHTO, visto que ambos os modelos de Marcon (1996) e Vitorello (2008) estão baseados nessa metodologia.

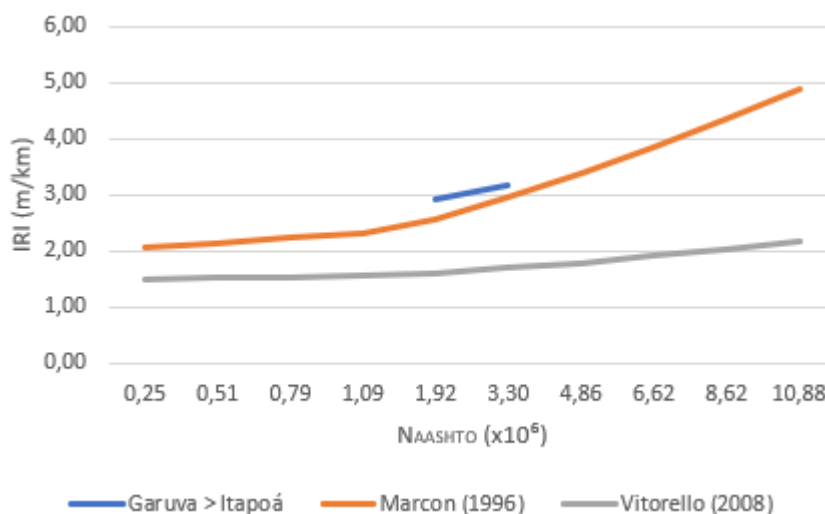
Tabela 5.6 – Comparação do IRI com os modelos de previsão desempenho

Ano	N _{acumulado}	Garuva-Itapoá	Itapoá-Garuva	Marcon (1996)	Vitorello (2008)
2012	2,45E+05			2,06	1,50
2013	5,09E+05			2,14	1,52
2014	7,89E+05	2,33	1,84	2,22	1,54
2015	1,09E+06			2,31	1,56
2016	1,92E+06	2,92	2,28	2,56	1,61
2017	3,30E+06	3,17	2,54	2,96	1,70
2018	4,86E+06			3,39	1,79
2019	6,62E+06			3,85	1,91
2020	8,62E+06			4,35	2,03
2021	1,09E+07			4,88	2,17

Fonte: Elaboração própria.

Dessa forma, o modelo de previsão de desempenho que mais se aproxima dos dados de IRI do segmento em monitoramento é o de Marcon (1996), como pode-se observar na Figura 5.15.

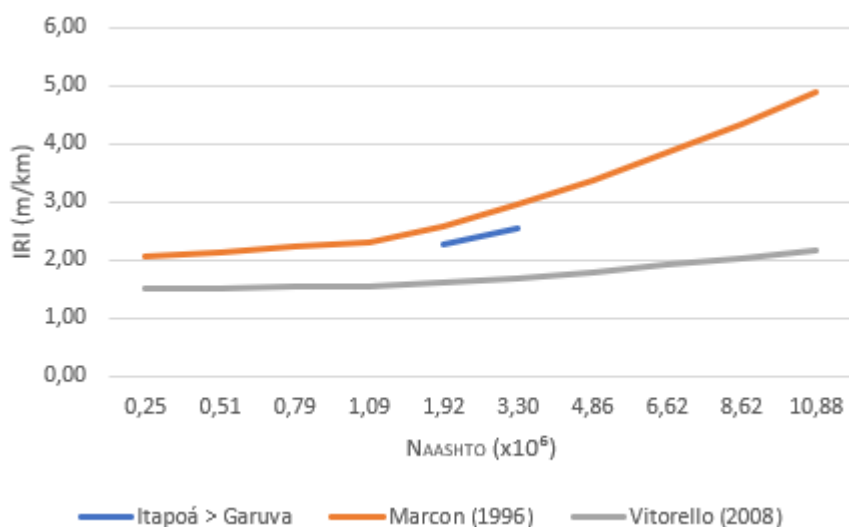
Figura 5.15 – Comparação IRI com modelos de desempenho: faixa Garuva-Itapoá



Fonte: Elaboração própria.

Como a faixa Itapoá-Garuva é menos solicitada e, portanto, o tráfego que por ela passa não causa o mesmo dano do sentido oposto, os valores de IRI foram inferiores, o que fez com que os valores ficassem mais distantes do modelo de Marcon (1996) e mais próximos do de Vitorello (2008), vide Figura 5.16.

Figura 5.16 – Comparação IRI com modelos de desempenho: faixa Itapoá-Garuva



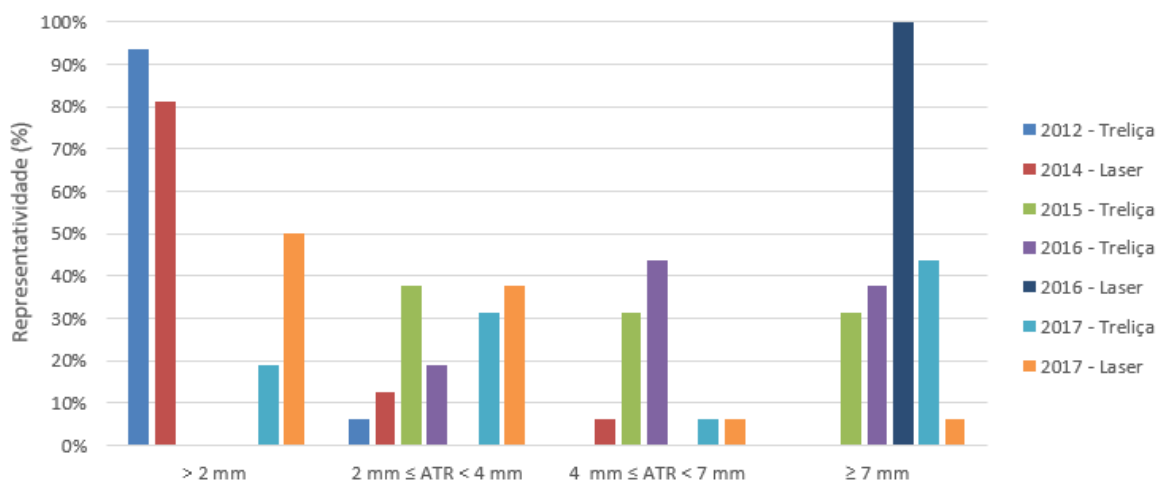
Fonte: Elaboração própria.

5.1.3 Afundamento da trilha de roda

Os resultados para todos os levantamentos realizados no segmento monitorado são apresentados no Anexo D. Para facilitar a análise, assim como Pérez (2016) e Aguiar (2017), os valores de ATR foram separados em quatro faixas, a saber: $ATR < 2,00 \text{ mm}$; $2,00 \text{ mm} \leq ATR < 4,00 \text{ mm}$; $4,00 \text{ mm} \leq ATR < 7,00 \text{ mm}$ e $ATR \geq 7,00 \text{ mm}$, como pode-se visualizar na Figura 5.17 e Figura 5.18. Como parâmetro para a avaliação foi observado o limite recomendado por ARTESP (2014), em que os valores de afundamento devem ser menores ou iguais a 7,00 mm, considerando-se trechos de 200,00 a 1000,00 metros de rodovias concessionadas no estado de São Paulo.

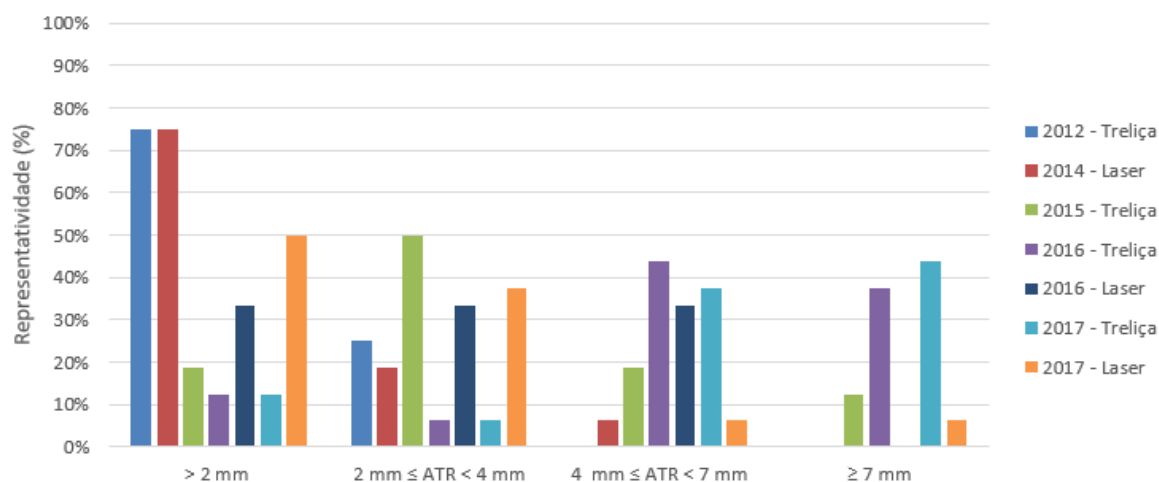
A primeira informação que chama a atenção são os valores de ATR levantados com o perfilômetro a laser no ano de 2016. Para esse ano os valores de algumas estacas não estão disponíveis na faixa Itapoá-Garuva (estacas E-1180 a E-1183) e, para os dados levantados, nota-se que os valores encontrados estão muito acima dos demais para a faixa Garuva-Itapoá e, na faixa contrária, muito inferiores

Figura 5.17 – Afundamento da trilha de roda: faixa Garuva-Itapoá



Fonte: Elaboração própria.

Figura 5.18 – Afundamento da trilha de roda: faixa Itapoá-Garuva



Fonte: Elaboração própria.

Da mesma forma, observa-se que os valores levantados com o perfilômetro a laser em 2017 não seguem o comportamento esperado, ficando extremamente baixos. À luz desses dados, pode-se inferir que houve um erro no momento do ensaio, que deve ser oriundo, provavelmente, da má calibração do equipamento antes do início do levantamento.

Analisando agora os dados apresentados para o levantamento feito em 2012 – primeiro ano de abertura ao tráfego do segmento – a grande maioria dos valores de ATR ficaram abaixo de 2,00 mm, sendo 94% para a faixa Garuva-Itapoá e 75% para a faixa Itapoá-Garuva. No levantamento seguinte (2014) a porcentagem dos afundamentos da trilha de roda externa entre 2,00 e 4,00 mm subiu para 13% na faixa Garuva-Itapoá e para 19% na faixa oposta.

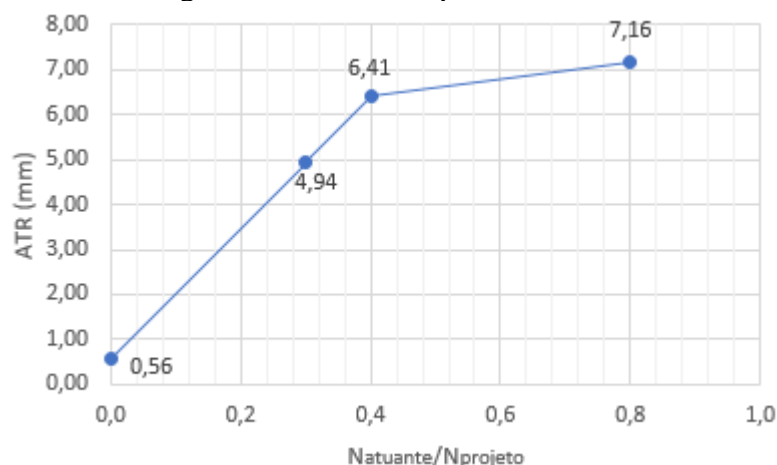
Ao se observar a evolução dos afundamentos de 2014 para 2015, nota-se um salto expressivo. Para a faixa Garuva-Itapoá os ATRs entre 2,00 e 4,00 mm atingiram 38%; além disso, para as classes de 4,00 a 7,00 mm e superiores a 7,00 mm, os valores tiveram uma representatividade de 31% em cada. Na faixa Itapoá-Garuva os valores de ATR entre 2,00 e 4,00 mm representaram 50% do total, com 19% entre 4,00 e 7,00 mm e chegando a 13% acima de 7,00 mm.

A explicação para esse aumento abrupto se deve provavelmente ao fato de que em 2014 uma empresa de terraplenagem se instalou na região, mais especificamente na altura da estaca E-1175 (PÉREZ, 2016). Quando se atenta para o limite estabelecido para os afundamentos de trilha de roda por ARTESP (2014), os valores não devem ultrapassar os 7,00 mm, portanto alguma intervenção corretiva deveria ter sido executada já no ano de 2015.

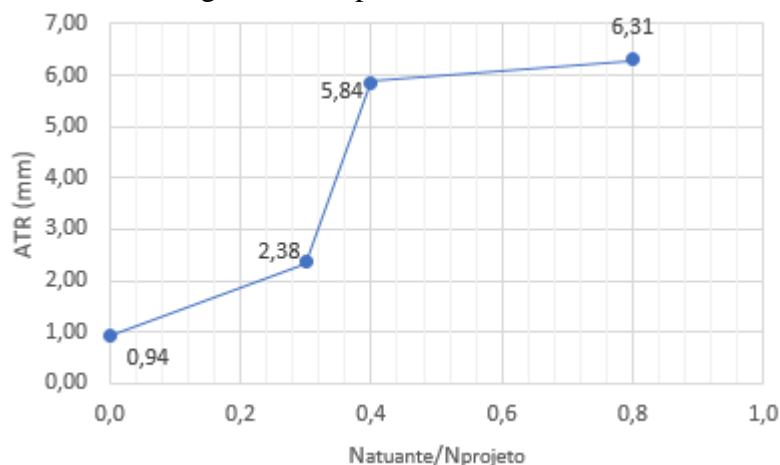
Para o levantamento realizado em 2016 utilizando a treliça, os valores de ATR entre 4,00 e 7,00 mm representavam 44% em cada uma das faixas, ficando 38% do total dos afundamentos acima do limite estabelecido de 7,00 mm também em ambos os sentidos.

No ano de 2017, observando-se os resultados obtidos com a treliça, um percentual de 44% ficou acima de 7,00 mm para as duas faixas, ou seja, quase metade de todos os afundamentos registrados ultrapassavam o limite proposto por ARTESP (2014), indicando a necessidade urgente de intervenção corretiva no pavimento.

Além disso, nota-se a partir de uma análise global dos gráficos apresentados para os afundamentos de trilha de roda externa que os valores são ligeiramente superiores na faixa Garuva-Itapoá. Tal fato corrobora que a faixa mais solicitada é a que segue em direção ao Porto de Itapoá, em que os caminhões estão mais carregados do que na volta, quando utilizam a faixa Itapoá-Garuva. A modelagem dos afundamentos de trilha de roda para cada faixa em função do tráfego é apresentada na Figura 5.19 e Figura 5.20.

Figura 5.19 – ATR *versus* tráfego: faixa Garuva-Itapoá

Fonte: Elaboração própria.

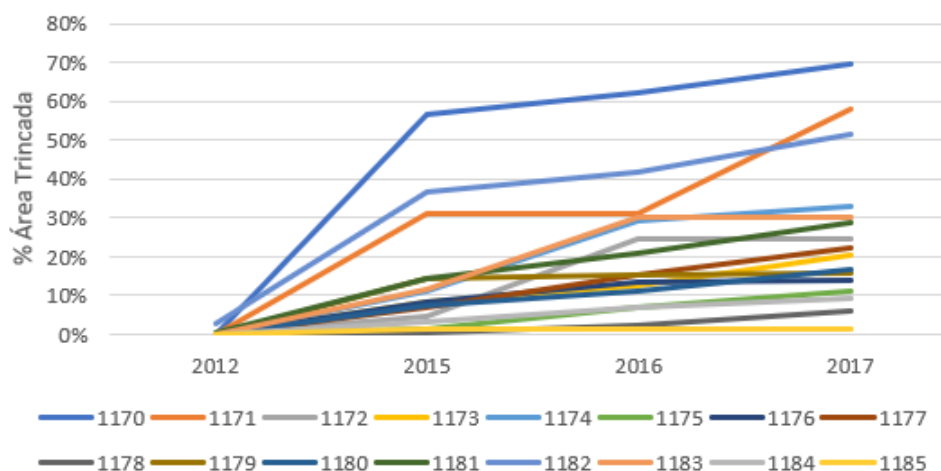
Figura 5.20 – ATR *versus* tráfego: faixa Itapoá-Garuva

Fonte: Elaboração própria.

Como ocorreram inconsistências nos dados obtidos pelo perfilômetro a laser tanto em 2016 quanto em 2017, ao se fazer a análise dos afundamentos de trilha de roda para cada estaca, optou-se por utilizar apenas os valores levantados com a treliça. Os resultados são apresentados na Figura 5.21 e Figura 5.22.

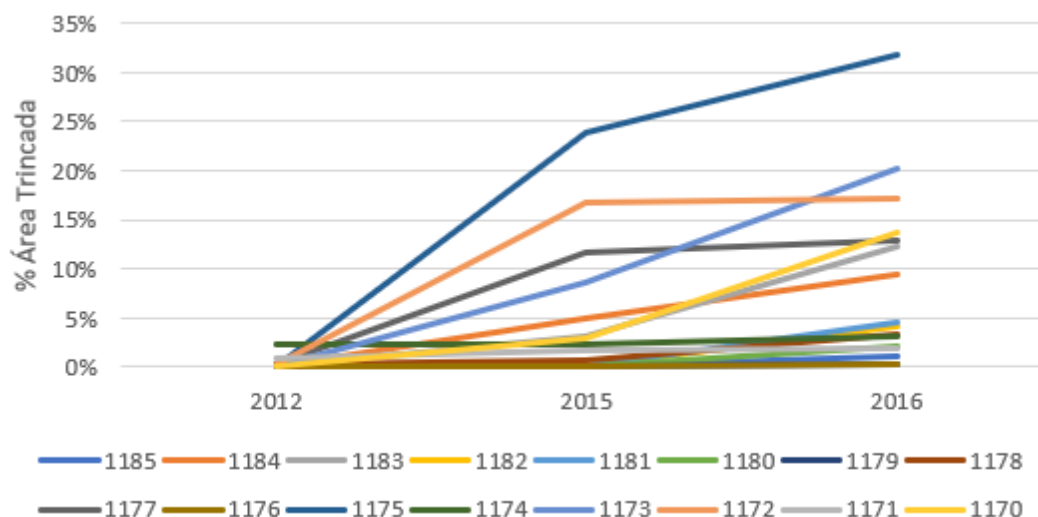
Observa-se que os valores ficaram praticamente concentrados entre 2,00 e 12,00 mm em ambos os sentidos. Além disso, a evolução foi mais acentuada até os anos de 2015 e 2016, mantendo-se praticamente constante entre 2016 e 2017. O motivo seria provavelmente, como já mencionado, a instalação da empresa de terraplenagem na região neste período.

Figura 5.21 – Evolução do ATR em cada estaca: faixa Garuva-Itapoá



Fonte: Elaboração própria.

Figura 5.22 – Evolução do ATR em cada estaca: faixa Itapoá-Garuva



Fonte: Elaboração própria.

5.1.4 Aderência pneu-pavimento

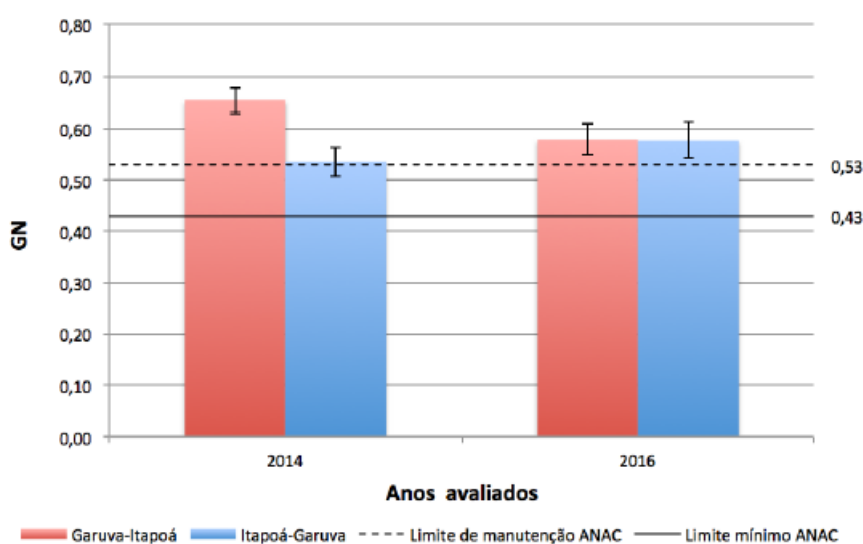
O monitoramento da aderência pneu-pavimento através dos valores de macro e microtextura são apresentados a seguir. Como não foram feitos novos levantamentos até o presente trabalho, os últimos dados disponíveis são os que constam em Aguiar (2017), aqui apresentados. Todos os dados são apresentados no Anexo E.

Microtextura

Nos anos de 2014 e 2016 a avaliação da microtextura foi feita a partir dos dados levantados com o *grip tester* e em 2015, pelo pêndulo britânico. A Figura 5.23 mostra os valores de coeficiente de atrito (*grip number* – GN) para cada faixa, nos dois anos.

No sentido Garuva-Itapoá houve uma diminuição do GN, enquanto que no sentido oposto os valores permaneceram praticamente constantes, como aponta Aguiar (2017). Contudo, para ambas as faixas, os valores de coeficiente de atrito ficaram ligeiramente acima do limite mínimo de manutenção estipulado por ANAC (2012), ainda em conformidade com a legislação, mas já próximo ao nível de manutenção.

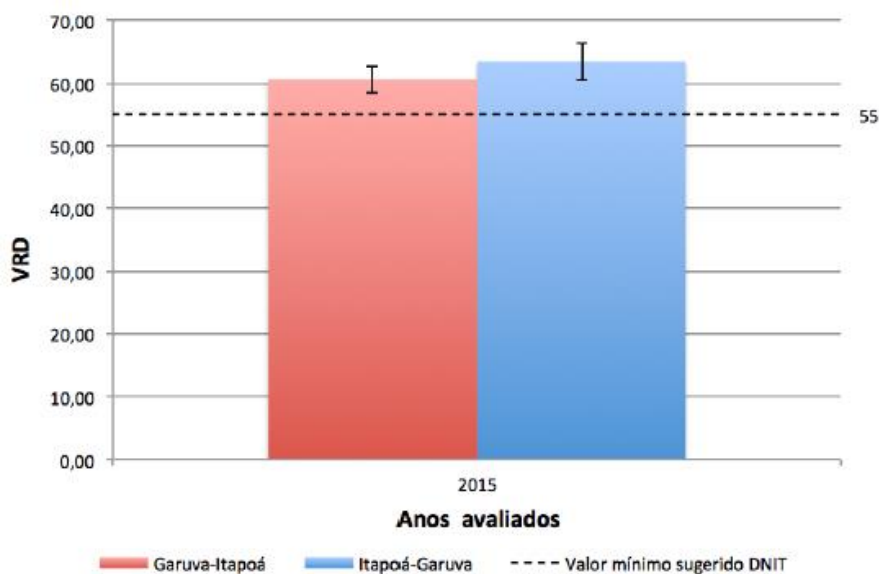
Figura 5.23 – Microtextura levantada com o equipamento grip tester



Fonte: Aguiar (2017).

Em 2015 o grau de escorregamento foi avaliado a partir dos dados do pêndulo britânico. Os VRDs (Valores de Resistência à Derrapagem) foram obtidos a partir das trilhas de roda externas sendo, para ambas as faixas, também superiores ao limite mínimo sugerido por DNIT (BRASIL, 2006b). Como mostra a Figura 5.24, os valores ficaram dentro da faixa $55 \leq \text{VRD} \leq 75$ e, portanto, a superfície é classificada como rugosa.

Figura 5.24 – Microtextura levantada com o equipamento pêndulo britânico



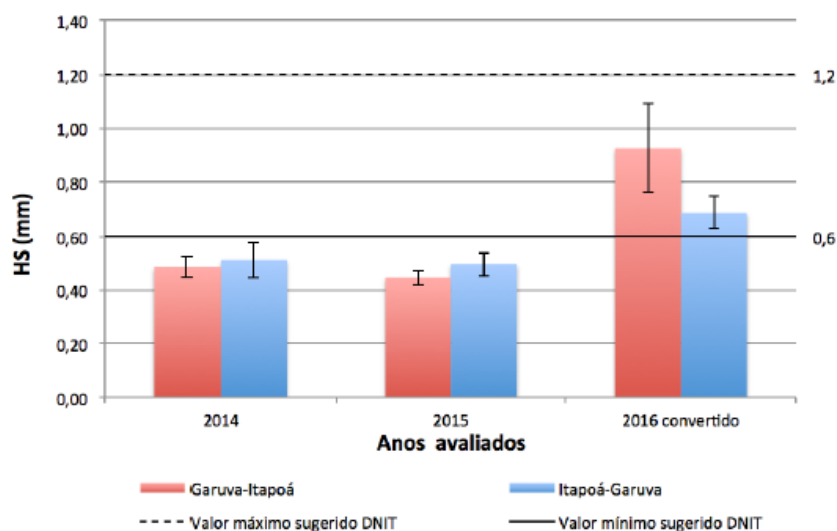
Fonte: Aguiar (2017).

Macrotextura

Os dados de macrotextura foram levantados a partir dos ensaios de mancha de areia (2014 e 2015) e perfilômetro a laser (2016 e 2017). Por não ser um ensaio ainda consolidado nacionalmente, faz-se necessária a conversão dos valores obtidos pelo perfilômetro em equivalente de altura em areia. Desta forma, os dados de 2016 foram convertidos e, posteriormente, utilizados no monitoramento da evolução da macrotextura do trecho monitorado.

A Figura 5.25 mostra a altura de areia do ensaio de mancha de areia, bem como a altura convertida do perfilômetro. Nota-se que para os dois primeiros anos (2014 e 2015) os valores ficaram abaixo do limite mínimo proposto, permanecendo praticamente constantes em ambas as faixas, com um pequeno decréscimo de um ano ao outro. De acordo com DNIT (BRASIL, 2006b), classifica-se a macrotextura como média.

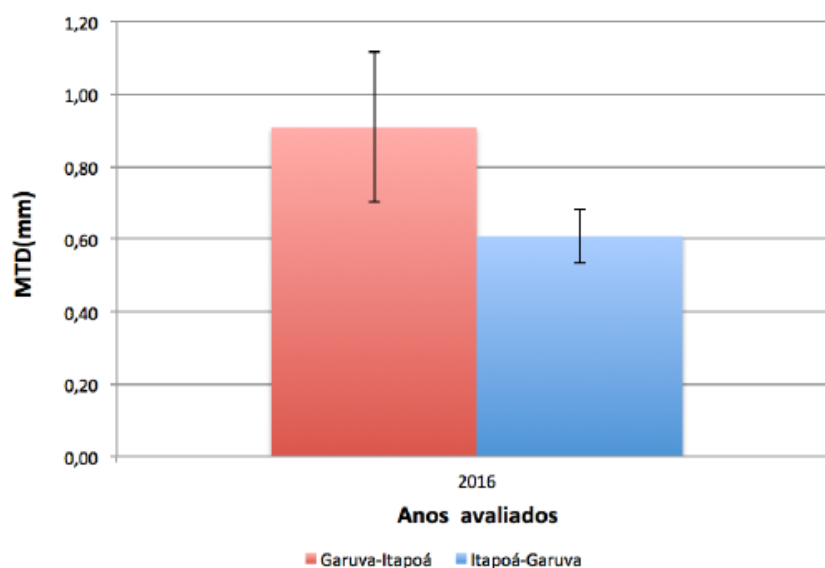
Figura 5.25 – Valores de macrotextura: mancha de areia



Fonte: Aguiar (2017).

Como destaca Aguiar (2017) em seu trabalho, os valores de macrotextura do perfilômetro a laser (Figura 5.26), ao serem convertidos em altura de mancha de areia, não foram condizentes com os dados de medições anteriores. Dessa forma, assim como ocorreu para os afundamentos de trilha de roda, foi necessário desconsiderá-los na realização das análises.

Figura 5.26 – Valores de macrotextura: perfilômetro a laser



Fonte: Aguiar (2017).

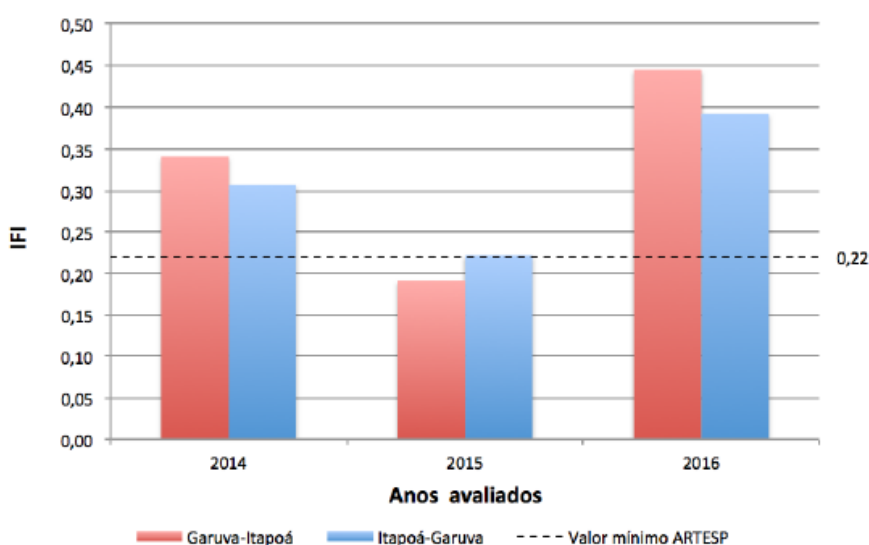
O *International Friction Index* (IFI) foi determinado por Aguiar (2017) para os anos de 2014, 2015 e 2016, tendo sido desconsiderados os valores do último ano pela grande

disparidade entre os resultados do ensaio de mancha de areia e os valores convertidos do perfilômetro, como mencionado anteriormente.

Em 2014 os valores de IFI para ambas as faixas foi superior a 0,30, sendo classificado como ótimo pelo DNIT (BRASIL, 2006b). Lembrando que neste mesmo ano foi instalada uma empresa de terraplenagem no trecho, verifica-se a sua influência no que diz respeito à diminuição da macrotextura do pavimento pela observação do índice em 2015.

Nesse ano os valores decaíram bruscamente, em que a faixa Garuva-Itapoá teve IFI inferior ao limite sugerido por ARTESP (2014), e a faixa Itapoá-Garuva ficou com o valor exato de 0,22. Essa diferença entre as faixas também decorre das diferentes solicitações experimentadas pelo pavimento, já que a faixa que segue em direção ao porto recebe caminhões com maior carga, acelerando sua deterioração quando comparada à faixa oposta.

Figura 5.27 – Valores de IFI



Fonte: Aguiar (2017).

5.2 AVALIAÇÃO ESTRUTURAL

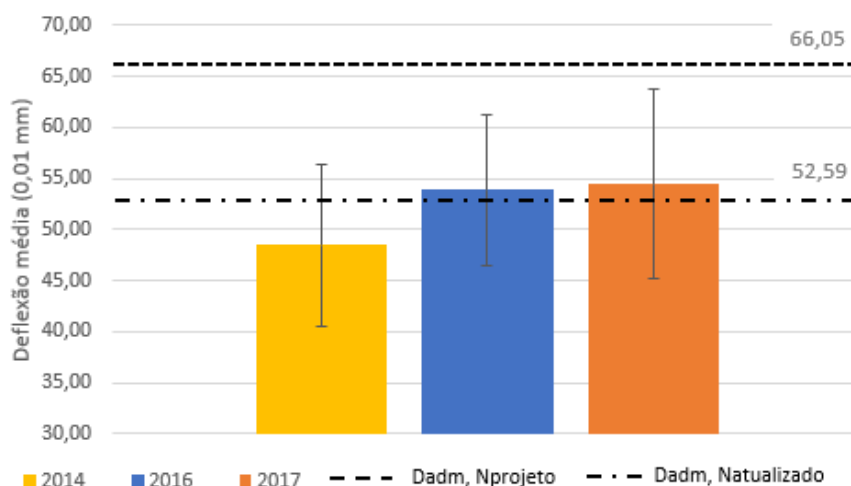
5.2.1 Evolução das deflexões

A evolução das deflexões foi realizada a partir da análise dos valores de deformação máxima do pavimento (D0). Para o segmento monitorado de Itapoá, foram empregados a viga Benkelman em 2011 e o Falling Weight Deflectometer (FWD) nos anos de 2014, 2016 e 2017. Como apenas um dos quatro levantamentos realizados foi feito com a viga Benkelman, para fins de avaliação da evolução das deflexões, decidiu-se utilizar apenas os dados do FWD. Desta forma, os valores apresentados na Figura 5.28 e Figura 5.29, utilizados para a análise, referem-

se ao mesmo equipamento e estão isentos de possíveis erros decorrentes de equações de conversão entre a viga Benkelman e o FWD.

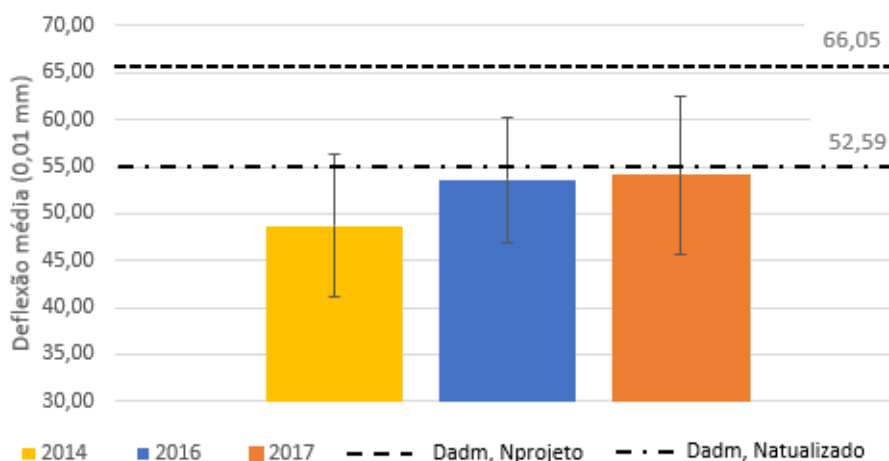
Além dos valores de deflexão de cada levantamento, determinou-se a deflexão admissível empregando-se o método de dimensionamento de pavimentos TECNAPAV para os valores original e atualizado de $N_{8,2t}$. Os resultados das deflexões em função do tráfego são apresentados na Figura 5.30 e Figura 5.31.

Figura 5.28 – Deflexão (D0) média: faixa Garuva-Itapoá



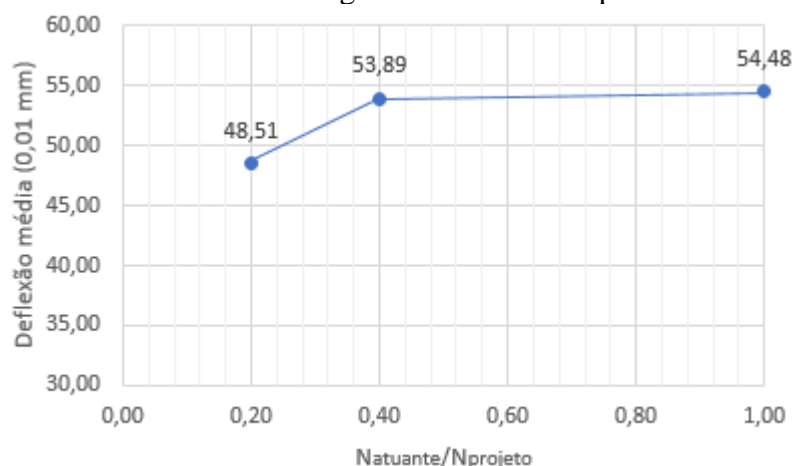
Fonte: Elaboração própria.

Figura 5.29 – Deflexão (D0) média: faixa Itapoá-Garuva



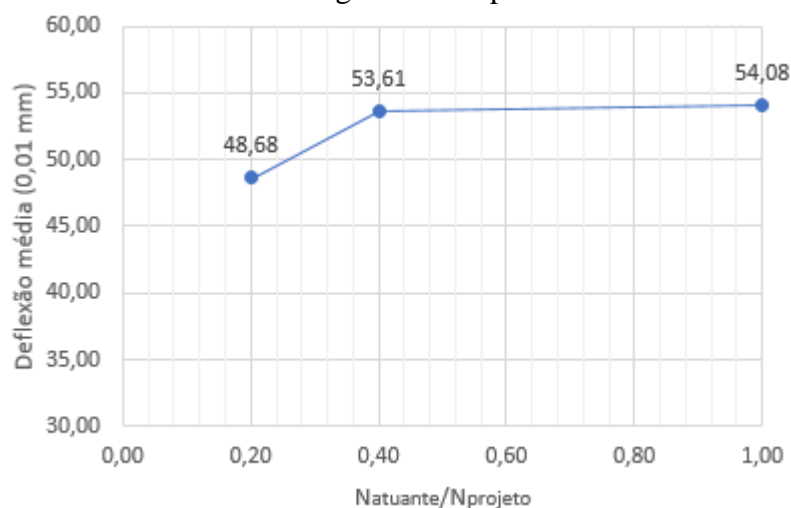
Fonte: Elaboração própria.

Figura 5.30 – Deflexão média *versus* tráfego: faixa Garuva-Itapoá



Fonte: Elaboração própria.

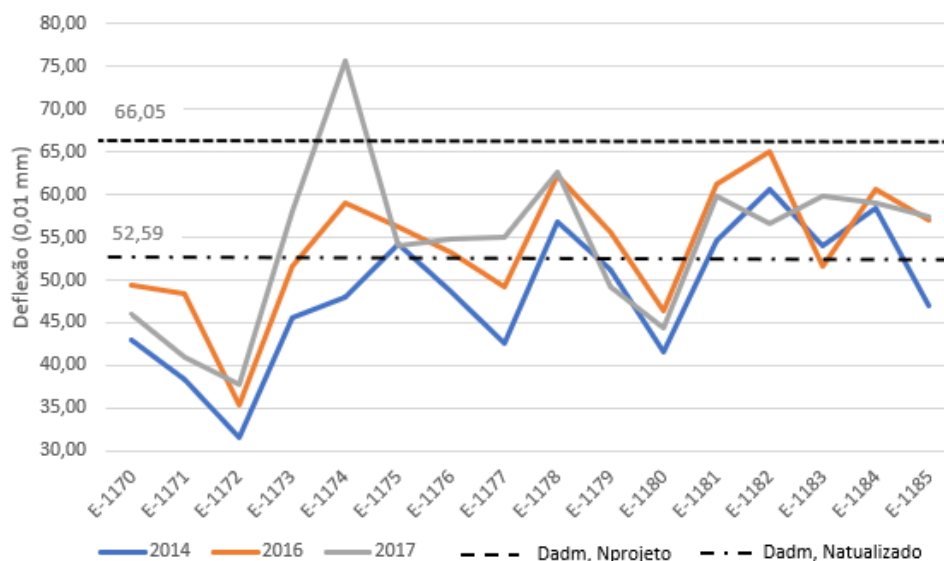
Figura 5.31 – Deflexão média *versus* tráfego: faixa Itapoá-Garuva



Fonte: Elaboração própria.

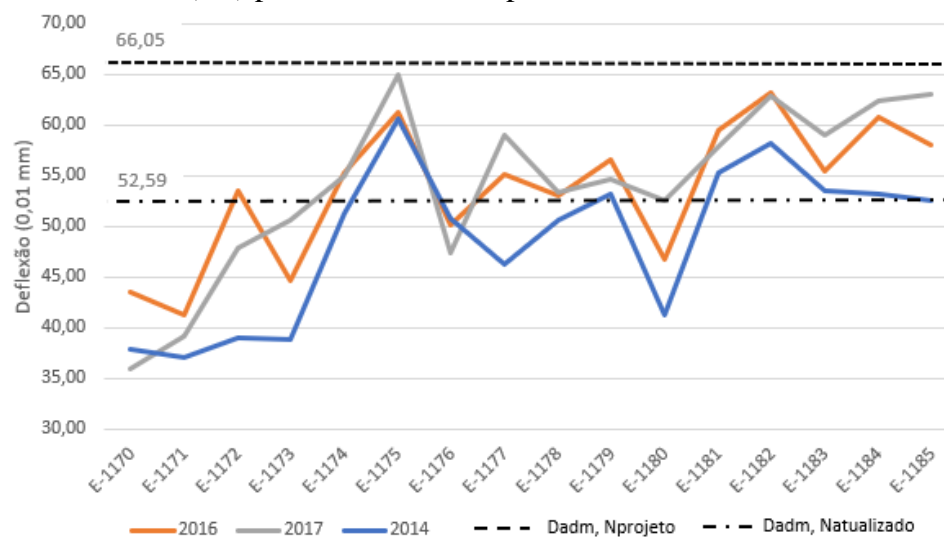
Analisando-se os valores absolutos, nota-se que as deflexões aumentaram desde 2014, com valores muito similares entre 2016 e 2017. Apenas os valores para 2016 e 2017 na faixa Garuva-Itapoá ultrapassaram a deflexão admissível calculada para o $N_{8,2t}$ atualizado, mas, respectivamente, por um valor de 1,31 e 1,89 ($\times 10^{-2}$ mm) apenas. A Figura 5.32 e Figura 5.33 mostram a deflexão a cada estaca.

Figura 5.32 – Deflexão (D0) por estaca: faixa Garuva-Itapoá



Fonte: Elaboração própria.

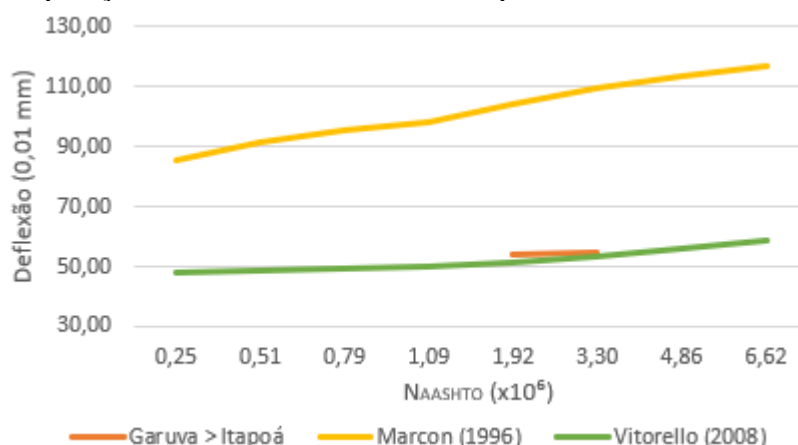
Figura 5.33 – Deflexão (D0) por estaca: faixa Itapoá-Garuva



Fonte: Elaboração própria.

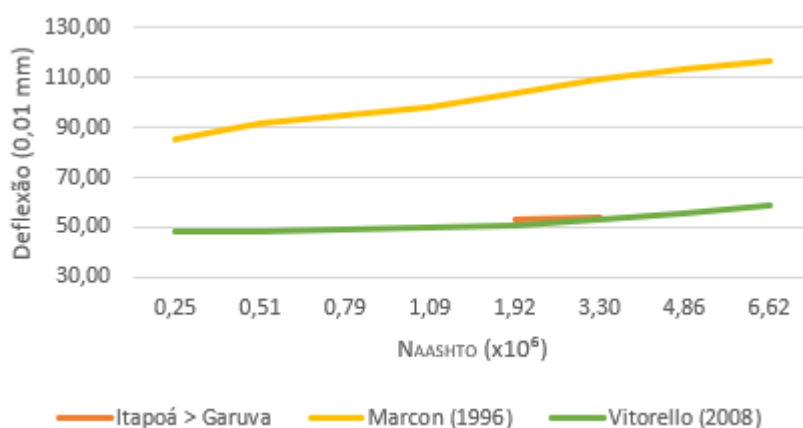
A evolução das deflexões foi também comparada com os modelos de previsão de desempenho de Marcon (1996) e Vitorello (2008), para o N calculado pela metodologia AASHTO. Nota-se na Figura 5.34 e Figura 5.35 que, para ambas as faixas, o modelo que melhor se aproxima dos dados obtidos em campo é o de Vitorello (2008), com grande concordância.

Figura 5.34 – Comparação D0 com modelos de desempenho: faixa Garuva-Itapoá



Fonte: Elaboração própria.

Figura 5.35 – Comparação D0 com modelos de desempenho: faixa Itapoá-Garuva



Fonte: Elaboração própria.

5.2.2 Retroanálise das bacias de deflexão

Como apresentado anteriormente, a retroanálise das bacias de deflexão foi feita com o uso do *software* BAKFAA a partir dos dados obtidos no levantamento de 2017 com o equipamento FWD. A primeira análise foi feita com os valores definidos no Capítulo 4, sem restrições, e a segunda análise foi realizada com os mesmos parâmetros, mas fixando o valor do revestimento em 3.159 MPa.

Os resultados obtidos com o emprego do *software* BAKFAA são apresentados na íntegra no Anexo G. A Tabela 5.7 mostra os módulos de resiliência para cada camada, tendo sido calculados os erros relativos para as estacas que apresentaram RMS superior a 3,00 na primeira retroanálise.

Tabela 5.7 – Resultado da retroanálise

Camada	MR Revestimento Variável (MPa)		MR Revestimento Fixo (MPa)	
	Garuva-Itapoá	Itapoá-Garuva	Garuva-Itapoá	Itapoá-Garuva
Revestimento	11.363	10.602	3.159	3.159
Base	412	414	808	717
Sub-base	121	120	91	98
Subleito	131	145	148	159

Fonte: Elaboração própria.

Os módulos de resiliência calculados, principalmente para o revestimento, foram muito elevados. Este resultado pode ser devido a uma má calibração do equipamento antes da execução do ensaio, medindo valores superestimados. Outra consequência foi que diversas estacas apresentaram RMS acima do recomendado, sendo necessário calcular o erro relativo para seis estacas no sentido Garuva-Itapoá e sete no sentido oposto, conforme mostram a Tabela 5.8 e Tabela 5.9. Apesar disso, nenhuma medida ultrapassou o limite indicado por Fernandes (2000) e precisou ser removida da retroanálise.

Tabela 5.8 – Erro relativo: faixa Garuva-Itapoá

ESTACA	RMS		D0	D20	D30	D45	D60	D90	D120
E-1174	3,79	Deflexão medida (μ c)	757	597	493	358	256	144	84
		Deflexão calculada (μ c)	760	595	487	359	263	142	82
		Erro relativo (%)	-0,35	0,29	1,17	-0,27	-2,77	1,21	2,07
E-1175	4,79	Deflexão medida (μ c)	541	431	356	263	178	104	66
		Deflexão calculada (μ c)	537	438	359	256	181	100	70
		Erro relativo (%)	0,82	-1,53	-0,77	2,80	-1,48	3,43	-6,05
E-1176	3,37	Deflexão medida (μ c)	549	413	337	246	175	105	69
		Deflexão calculada (μ c)	546	419	335	241	177	104	70
		Erro relativo (%)	0,48	-1,56	0,45	1,93	-1,29	0,61	-1,32
E-1181	18,63	Deflexão medida (μ c)	598	468	392	297	216	134	89
		Deflexão calculada (μ c)	613	463	371	278	220	155	119
		Erro relativo (%)	-2,53	1,13	5,43	6,56	-1,70	-15,37	-33,62
E-1183	7,07	Deflexão medida (μ c)	599	453	331	249	179	113	75
		Deflexão calculada (μ c)	601	444	345	242	178	111	79
		Erro relativo (%)	-0,28	2,06	-4,19	2,73	0,35	1,92	-5,36
E-1184	5,61	Deflexão medida (μ c)	591	463	382	286	212	130	83
		Deflexão calculada (μ c)	586	471	385	281	208	128	92
		Erro relativo (%)	0,88	-1,69	-0,84	1,89	1,90	1,42	-10,33

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 5.9 – Erro relativo: faixa Itapoá-Garuva

ESTACA	RMS		D0	D20	D30	D45	D60	D90	D120
E-1184	4,43	Deflexão medida (μ c)	624	476	380	279	202	124	82
		Deflexão calculada (μ c)	621	482	384	273	200	123	88
		Erro relativo (%)	0,56	-1,29	-0,97	2,32	1,01	0,56	-7,62
E-1183	8,66	Deflexão medida (μ c)	590	435	348	268	201	132	84
		Deflexão calculada (μ c)	584	445	354	256	195	130	97
		Erro relativo (%)	1,04	-2,31	-1,69	4,36	2,87	1,50	-15,86
E-1182	6,61	Deflexão medida (μ c)	628	496	391	307	233	148	97
		Deflexão calculada (μ c)	626	494	404	300	228	146	104
		Erro relativo (%)	0,34	0,36	-3,26	2,42	2,08	1,63	-7,35
E-1180	5,57	Deflexão medida (μ c)	546	405	313	227	157	97	68
		Deflexão calculada (μ c)	543	410	318	217	156	99	75
		Erro relativo (%)	0,58	-1,24	-1,54	4,62	0,92	-2,00	-9,63
E-1176	4,96	Deflexão medida (μ c)	473	394	308	231	167	103	67
		Deflexão calculada (μ c)	476	385	316	230	168	100	69
		Erro relativo (%)	-0,60	2,28	-2,58	0,65	-0,62	3,24	-3,51
E-1175	3,51	Deflexão medida (μ c)	650	489	383	273	188	120	78
		Deflexão calculada (μ c)	650	490	384	268	194	115	80
		Erro relativo (%)	0,04	-0,11	-0,20	1,71	-3,27	3,82	-2,69
E-1172	4,65	Deflexão medida (μ c)	479	335	261	205	160	102	69
		Deflexão calculada (μ c)	478	334	269	201	154	102	75
		Erro relativo (%)	0,15	0,31	-3,02	2,17	3,52	0,43	-8,71

Fonte: Elaboração própria.

5.2.3 Deformação de tração na parte inferior da camada de revestimento

A partir do software ELSYM5 foram calculadas as deformações de tração na face inferior da camada de revestimento (ϵ_t), além da deflexão (δ) e tensão de compressão no topo do subleito (σ_z). Os dados de entrada (Tabela 5.10) foram os módulos de resiliência obtidos por retroanálise para o ano de abertura de tráfego, retirados de Pérez (2016).

Tabela 5.10 – Módulos de Resiliência (MPa) camadas do revestimento

Camada	Garuva-Itapoá	Itapoá-Garuva
Revestimento	5.059	6.451
Base	375	290
Sub-base	132	131
Subleito	127	120

Fonte: Adaptado de Pérez (2016).

Os resultados calculados para o segmento a partir do software ELSYM5 são apresentados na Tabela 5.11.

Tabela 5.11 – Resultados ELSYM5

Faixa	δ (mm)	ϵ_t	σ_z (kgf/cm ²)
Garuva-Itapoá	$42,9 \times 10^{-2}$	219×10^{-6}	0,199
Itapoá-Garuva	$45,4 \times 10^{-2}$	235×10^{-6}	0,199

Fonte: Elaboração própria.

5.2.4 Estimativa da vida útil

A estimativa da vida útil é feita com os dados de projeto, portanto utilizou-se a Equação 4.12 e o valor de deformação determinados por Pérez (2016) por retroanálise. Dessa forma, obteve-se:

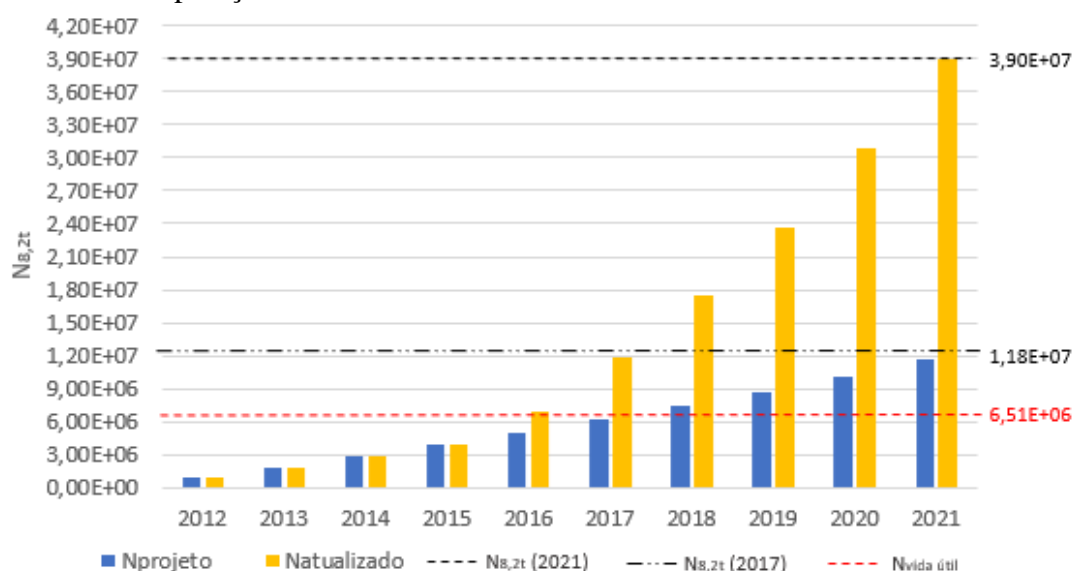
Tabela 5.12 – Estimativa da vida útil do pavimento

ϵ_t ($\mu\text{m/m}$)	$N_{\text{vida útil}}$
162,22	$6,51\text{E}+06$

Fonte: Elaboração própria.

O tráfego determinado como final da vida útil do pavimento foi de $6,51 \times 10^6$ para um eixo-padrão de 8,2tf. Esse valor será empregado na etapa seguinte para a determinar os fatores campo/laboratório. A Figura 5.36 apresenta a comparação dos tráfegos de projeto e atualizado com o tráfego determinado para a vida útil.

Figura 5.36 – Comparação da estimativa de vida útil do revestimento

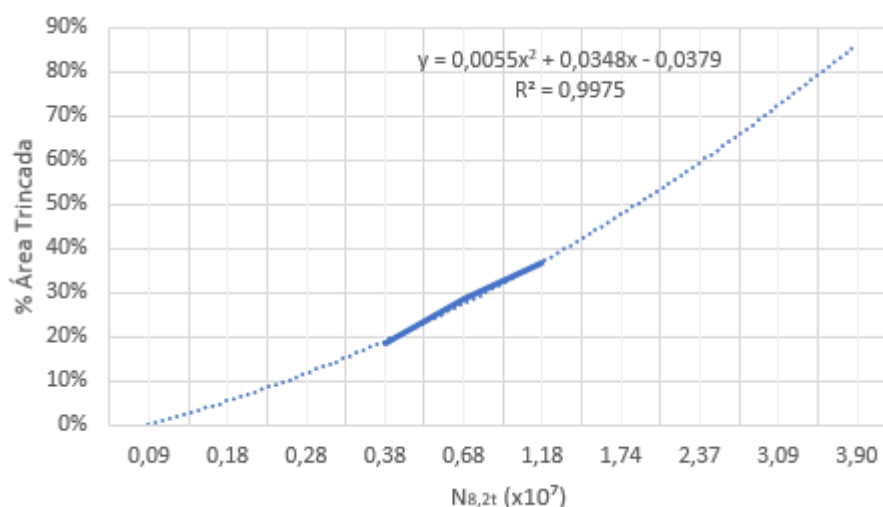


Fonte: Elaboração própria.

5.2.5 Fator campo/laboratório

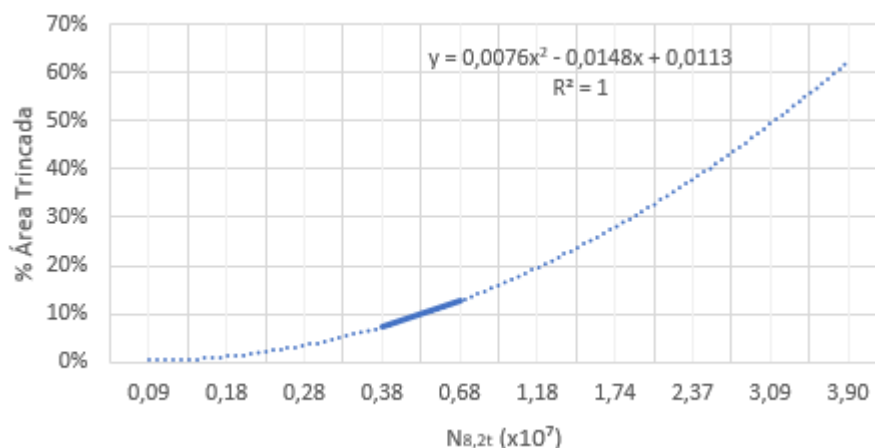
Como explicado no Capítulo 4, o fator campo/laboratório será determinado para o parâmetro porcentagem de área trincada. Para tanto, elaborou-se um gráfico para cada faixa de rolamento com a porcentagem da área trincada nas trilhas de rodagem em função do tráfego atualizado. A Figura 5.37 e Figura 5.38 mostram os resultados modelados para as faixas de Garuva-Itapoá e Itapoá-Garuva, respectivamente.

Figura 5.37 – Porcentagem de área trincada em função do tráfego: faixa Garuva-Itapoá



Fonte: Elaboração própria.

Figura 5.38 – Porcentagem de área trincada em função do tráfego: faixa Itapoá-Garuva



Fonte: Elaboração própria.

A partir dos gráficos acima, pode-se determinar para qual tráfego se esperaria uma porcentagem de área trincada de 5, 10, 20 e 30%. Os valores são apresentados na Tabela 5.13

Tabela 5.13 – Tráfego estimado para as porcentagens de 5, 10, 20 e 30%

% AT	N _{8,2t} (x10 ⁷)	
	Garuva-Itapoá	Itapoá-Garuva
5	0,17	0,33
10	0,26	0,53
20	0,43	1,26
30	0,78	1,89

Fonte: Elaboração própria.

Os fatores campo/laboratório foram determinados para cada porcentagem de área trincada pela relação entre o tráfego estimado pela modelagem dos resultados e o modelo de fadiga para a vida útil. Os resultados são apresentados nas Tabela 5.14 e Tabela 5.15.

Tabela 5.14 – Fatores campo/laboratório: faixa Garuva-Itapoá

% AT	N _{8,2t}	N _{vida útil}	Fator campo/laboratório
5	0,17x10 ⁷	6,51x10 ⁶	0,26
10	0,26x10 ⁷	6,51x10 ⁶	0,40
20	0,43x10 ⁷	6,51x10 ⁶	0,66
30	0,78x10 ⁷	6,51x10 ⁶	1,20

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 5.15 – Fatores campo/laboratório: faixa Itapoá-Garuva

% AT	N _{8,2t}	N _{vida útil}	Fator campo/laboratório
5	0,33x10 ⁷	6,51x10 ⁶	0,51
10	0,53x10 ⁷	6,51x10 ⁶	0,81
20	1,26x10 ⁷	6,51x10 ⁶	1,93
30	1,89x10 ⁷	6,51x10 ⁶	2,90

Fonte: Elaboração própria.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho continuou as avaliações funcional e estrutural do segmento monitorado da rodovia SC-415 / Itapoá a partir dos levantamentos realizados em 2016 e 2017. Com base nos novos resultados obtidos e em comparações feitas com os dados anteriores, são feitas as considerações a seguir.

Da análise funcional:

- Observa-se uma maior quantidade de defeitos superficiais na faixa Garuva-Itapoá em relação à faixa Itapoá-Garuva, bem como uma porcentagem de área trincada mais significativa;
- Com relação ao IGG, a faixa que segue em direção ao Porto recebeu conceito ruim no último ano dos levantamentos, enquanto a faixa Itapoá-Garuva ficou com conceito regular. Já em relação ao IRI, a faixa Garuva-Itapoá recebeu conceito ruim e a faixa oposta, conceito bom;
- Para ambas as faixas, 44% dos afundamentos de trilha de roda (ATR) ficaram acima do limite preconizado por ARTESP (2014) de 7mm, indicando a necessidade de se realizar uma intervenção corretiva no pavimento;
- Com relação à aderência, a microtextura ficou próxima do limite mínimo, mas ainda assim dentro do critério, sendo classificada como rugosa. Para a macrotextura, considerando apenas os valores de mancha de areia, o valor ficou abaixo do mínimo exigido, em que o pavimento recebeu classificação média;
- Observa-se um decaimento brusco do IFI entre 2014 e 2015, que provavelmente decorre da instalação da empresa de terraplenagem, a qual movimentou uma quantidade de material significativa além do tráfego previsto, acelerando a deterioração do pavimento;
- Considerando a avaliação funcional, portanto, a faixa Garuva-Itapoá se mostrou mais solicitada que a faixa Itapoá-Garuva, ficando com conceitos inferiores em todos os critérios.

Para os resultados obtidos na avaliação estrutural, destacam-se:

- Observa-se um aumento significativo nos valores das deflexões ao longo dos anos, em que as deflexões admissíveis calculadas tanto para o tráfego de projeto quanto para o tráfego atualizado já teriam sido superadas em 2016 e 2018, respectivamente;

- Os valores obtidos na retroanálise das bacias de foram muito elevados, em desacordo com o que se verifica na prática para os materiais empregados. Tais resultados provavelmente ocorreram devido à má calibração do equipamento antes do início do levantamento;
- A estimativa de vida útil resultou em um N de $6,51 \times 10^6$. Considerando o tráfego de projeto, a vida útil teria sido atingida neste ano de 2018 e, para o tráfego atualizado, já em 2016;
- Destaca-se o esforço em se estimar um conjunto de fatores campo/laboratório para o segmento a partir da porcentagem de área trincada em cada faixa. Observa-se que a partir de 30% de área trincada, os efeitos do campo são superiores aos observados em laboratório na faixa Garuva-Itapoá. Já na faixa oposta, os ensaios em laboratório são mais danosos para valores de trincamento inferiores a 20%. Ainda, fatores campo/laboratório menores que 1,00 não são comuns, porém aqui verificou-se esta realidade visto o índice de 7,20 determinado na equação de estimativa da vida útil, considerado elevado.

Ao se observarem todos os critérios utilizados nas avaliações funcional e estrutural, confirma-se que a faixa mais solicitada é a Garuva-Itapoá. A maioria do tráfego que segue em direção ao Porto é caracterizada por caminhões frigoríficos carregados, os quais retornam vazios pela faixa oposta, causando menos danos ao pavimento. Além disso, as obras de ampliação do Porto e a instalação da empresa de terraplenagem contribuíram para acelerar o agravamento dos danos ao pavimento.

Recomenda-se, na realização de trabalhos futuros:

- Atualizar avaliação da aderência pneu-pavimento e dos defeitos superficiais, já que os últimos dados são dos trabalhos de Pérez (2016) e Aguiar (2017);
- Na realização de nova coleta de dados, levar a campo anotações sobre os levantamentos realizados anteriormente, para que sejam evitados erros grosseiros na coleta das informações, principalmente quando o ensaio depende do fator humano mais do que de equipamentos;
- Conferir se os equipamentos que serão utilizados estão bem calibrados e, ao final, comparar os resultados com os dos levantamentos anteriores;

- Continuar o refinamento dos fatores campo/laboratório, buscando melhorar os parâmetros definidos ainda na fase de projeto e que servirão de subsídio para prever com maior confiabilidade o que ocorrerá de fato em campo.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, Fred Digiacomo. **Avaliação funcional e estrutural do pavimento flexível no segmento monitorado de Itapoá**. TCC (Graduação), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

ANAC. **Resolução Nº 236, Requisitos de operação aeroportuária**. Brasil Agência Nacional de Aviação Civil 2012.

APS, Marcia. **Classificação da aderência pneu-pavimento pelo índice combinado IFI - International Friction Index para revestimentos asfálticos**. Tese (Doutorado), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

ARTESP. **Anexo 06 - Serviços correspondentes às funções de conservação**. São Paulo, Brasil, 2014. Disponível em:
<http://www.artesp.sp.gov.br/Media/Default/Rodovias/pppTamoios/06%20-%20Servi%C3%A7os%20Correspondentes%20as%20Fun%C3%A7%C3%B5es%20de%20Conserva%C3%A7%C3%A3o%20_Final_.pdf>..
Acesso em: 11 set. 2018.

BALBO, José Tadeu. **Pavimentação asfáltica: materiais, projeto e restauração**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

BALBO, José Tadeu. **Pavimentos asfálticos: patologias e manutenção**. São Paulo: Plêiade, 1997.

BERNUCCI, Liedi Bariani *et al.* **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro: Petrobras: Abeda, 2008.

BORGES, C. B. S. **Estudo comparativo entre medidas de deflexão com viga Benkelman e FWD em pavimentos da malha rodoviária estadual de Santa Catarina**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

BRASIL. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER). **DNER-PRO 273/96: Determinação de deflexões utilizando deflectômetro de impacto tipo "Falling Weight Deflectometer (FWD)**. Rio de Janeiro, 1996.

_____. **DNER-PRO 269/94: Projeto de restauração de pavimentos flexíveis - TECNAPAV**. Rio de Janeiro, 1994a.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). **DNIT 009/2003 - PRO: Avaliação subjetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos - procedimento**. Rio de Janeiro, 2003a.

_____. **DNIT 006/2003 - PRO: Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos - procedimento**. Rio de Janeiro, 2003b.

_____. **DNIT 005/2003 - TER: Defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos - terminologia**. Rio de Janeiro, 2003c.

_____. **Manual de pavimentação.** Rio de Janeiro, 2006a.

_____. **Manual de restauração de pavimentos asfálticos.** Rio de Janeiro, 2006b.

_____. **Manual de estudos de tráfego.** Rio de Janeiro, 2006c.

_____. **Manual de gerência de pavimentos.** Rio de Janeiro, 2011.

CNT – Confederação Nacional de Transportes. **Pesquisa CNT de rodovias 2017: relatório gerencial.** Brasília, 2017.

CNT - CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Transporte rodoviário: por que os pavimentos das rodovias do Brasil não duram?.** Brasília: CNT, 2017.

DYNATEST. **Grip Tester.** Disponível em: <<http://dynatest.com.br/grip-tester/>>. Acesso em: 24 jun. 2018a.

_____. **Pêndulo Britânico e Mancha de Areia.** Disponível em: <<http://dynatest.com.br/pendulo-britanico-e-mancha-de-areia/>>. Acesso em: 24 jun. 2018b.

EMPREITEIRA FORTUNATO LTDA. **Itapoá SC-415.** Disponível em: <<http://www.fortunato.com.br/servicos.php?area=pavimentacao&obra=46>>. Acesso em: 04 jun. 2018.

FERNANDES, Ivy Souza. **Contribuição à caracterização do comportamento mecânico da camada de brita graduada "in situ".** Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

FONTES, L. P. T. D. L. **Optimização do desempenho de misturas betuminosas com betume modificado com borracha para reabilitação de pavimentos.** 2009. Tese de Doutorado, Escola de Engenharia, Universidade do Minho, Portugal. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil.

GONÇALVES, F. J. P. **O desempenho dos pavimentos flexíveis.** Seminário II de doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

ITAPOÁ. In: **WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre.** Flórida: Wikimedia Foundation, 2018. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Itapo%C3%A1&oldid=51931642>>. Acesso em: 28 abr. 2018.

ITAPOÁ TERMINAIS PORTUÁRIOS S.A. **Porto Itapoá: O Terminal.** Disponível em: <<http://www.portoitapoa.com.br/institucional/73>>. Acesso em: 04 jun. 2018.

JÚNIOR, Fidélis Gomes do Amarante et al. **Fresagem fina como medida de melhoramento da segurança da rodovia presidente dutra no trecho da serra das araras.** 36ª Reunião Anual de Pavimentação – 36ª Rapv, Curitiba, ago. 2005. Disponível em: <http://gruposantanna.com.br/cin/ABPV_Fres.Fina.PDF>. Acesso em: 24 jun. 2018.

KAKUDA, Francis Massashi. **Desenvolvimento e a utilização de um equipamento de grandes dimensões na análise do comportamento mecânico de uma seção de pavimento sob carregamento cíclico**. Tese (Doutorado), Escola de Engenharia da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

LUZ, Lúcia Carolina da. **Desempenho de revestimentos asfálticos executados em camada singular e integradas em rodovias de tráfego pesado: segmentos monitorados de Araranguá**. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

MATTOS, João Rodrigo Guerreiro. **Monitoramento e análise do desempenho de pavimentos flexíveis da rodovia BR-290/RS: A implantação do Projeto Rede Temática de Asfalto no Rio Grande do Sul**. Tese (Doutorado), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

NAKAHARA, Suyen Matsumura. **Estudo do Desempenho de Reforços de Pavimentos Asfálticos em Via Urbana sujeita a Tráfego Comercial Pesado**. Tese (Doutorado), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

NEVES, José. **MÓDULO B: PAVIMENTOS**: Características superficiais dos pavimentos de infra-estruturas rodoviárias. 2009. Disponível em: <https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/3779573719824/CMiET_Folhas_SURF_Ed01.pdf>. Acesso em: 21 nov. 2018.

OLIVEIRA, A. D. **Contribuição à avaliação do desempenho dos pavimentos na região de rochas de embasamento cristalino em Santa Catarina**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

PÉREZ, Jahel Sarvia Ledezma. **Avaliação do desempenho de pavimentos flexíveis dos segmentos monitorados de Urubici e Itapoá**. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

PESSOA, Francisco Hélio Caetano. **Avaliações funcional e estrutural de trechos de rodovias no Distrito Federal construídos com diferentes materiais**. Tese (Doutorado), Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

PIARC (2003). **Surface characteristics**. Paris.

PORTO ITAPOÁ. **Porto Itapoá inaugura sua ampliação**. Disponível em: <http://www.portoitapoa.com.br/noticia/Porto_Itapoa_inaugura_sua_ampliacao/552>. Acesso em: 01 nov. 2018.

REDAÇÃO GLOBO RURAL. **Porto Itapoá inaugura nova área de 60 mil m²**. Disponível em: <<https://revistagloborural.globo.com/Colunas/caminhos-da-safra/noticia/2018/03/porto-itapoa-inaugura-nova-area-de-60-mil-m.html>>. Acesso em: 01 nov. 2018.

STRATURA ASFALTOS. **Relatório sobre execução de levantamento estrutural e funcional em trechos experimentais monitorados pela UFSC (Itapoá, Jaborá, Joaçaba, Urubici, Orleans e Araranguá)**. Rio de Janeiro: Gerência de Soluções de Engenharia, 2018.

SONCIM, Sérgio Pacífico. **Desenvolvimento de modelos de previsão de desempenho de pavimentos asfálticos com base em dados da rede de rodovias do Estado da Bahia**. Tese (Doutorado), Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.

SOTEPÁ. **Projeto de implantação e pavimentação - Rodovia SC-439**: Sociedade Técnica de Estudos, Projetos e Assessoria Ltda. 2001.

SOUZA, Murillo Lopez de. **Método de projeto de pavimentos flexíveis**. Rio de Janeiro, IPR. (IPR. Publ. 667). 1981.

TRICHÊS, Glicério. **Desenvolvimento de método para dimensionamento de pavimentos asfálticos. Fase I: trechos experimentais e materiais de pavimentação – UFSC**. Relatório final de pesquisa. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC, Brasil. 2014.

UNITED STATES. Federal Aviation Administration (FAA). **Advisory Circular AC 150/5370-11B: Use of nondestructive testing in the evaluation of airport pavements**. Washington, DC, 2011.

ANEXO A**Levantamento dos defeitos superficiais**

Quadro A.1 – Inventário do levantamento dos defeitos superficiais de 2012: faixa Garuva-Itapoá

INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO																									
RODOVIA SC-416 ITAPOÁ										OPERADOR: Laboratório de Pavimentação da UFSC															
TRECHO: Segmento monitorado 1										REVESTIMENTO TIPO Asfalto-borracha e= 6cm															
DATA: Julho/2012										ESTACA INICIAL 1170+00				ESTACA FINAL 1185+00				FAIXA		Direita					
Estaca	Seção Terrap	OK	TRINCAS										AFUNDAMENTOS				OUTROS DEFEITOS						TRI RODAS		Observação
			ISOLADAS						INTERLIGADAS				PLÁSTICO		CONS.		O 5	P 5	E 5	EX 6	D 7	R 8	TRI (mm)	TRE (mm)	
			FI 1	TTC 1	TTL 1	TLC 1	TLL 1	TRR 1	FC-2		FC-3		ALP 4	ATP 4	ALC 4	ATC 4									
									J 2	TB 2	JE 3	TBE 3													
1170+00																							0		
1171+00																							0		
1172+00																							0		
1173+00																							1		
1174+00																							2		
1175+00																							1		
1176+00																							0		
1177+00																							0		
1178+00																							1		
1179+00																							0		
1180+00																							0		
1181+00																							1		
1181+08											X													A=0,6x0,7 m	
1181+15											X													A=0,8x2,3 m	
1182+00																							0		
1183+00																							1		
1184+00																							1		
1185+00																							1		

Fonte: Pérez (2016).

Quadro A. 2 – Inventário do levantamento dos defeitos superficiais de 2012: faixa Itapoá-Garuva

INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO																									
RODOVIA: SC-416 ITAPOÁ										OPERADOR: Laboratório de Pavimentação da UFSC															
TRECHO: Segmento monitorado 1										REVESTIMENTO TIPO Asfalto-borracha e= 6cm															
DATA: Julio/2012										ESTACA INICIAL 1185+00					ESTACA FINAL 1170+00					FAIXA Esquerda					
Estaca	Seção Terrap	OK	TRINCAS										AFUNDAMENTOS				OUTROS DEFEITOS						TRI RODAS		Observação
			ISOLADAS						INTERLIGADAS				PLÁSTICO		CONS.		O 5	P 5	E 5	EX 6	D 7	R 8	TRI (mm)	TRE (mm)	
			FI 1	TTC 1	TTL 1	TLC 1	TLL 1	TRR 1	FC-2		FC-3		ALP 4	ATP 4	ALC 4	ATC 4									
									J 2	TB 2	JE 3	TBE 3													
1185+00																								1	
1184+00																								0	
1183+00																								1	
1182+00																								2	
1181+00																								1	
1180+00																								0	
1179+00																								1	
1178+00																								1	
1178+14											x														A=0,2x0,2m
1177+13											x														A=0,4x0,5m
1177+09											x														A=0,4x0,5m Indício de bombeamento
1177+00																								0	
1176+00																								0	
1175+00																								1	
1174+01											x														A=0,7x2,4m
1174+00																								1	
1173+00																								2	
1172+01											x														A=0,2x0,3m
1172+00																								2	
1171+19											x														A=0,3x0,5m
1171+06						x																			Trinca de 0,6 m
1171+00																								2	
1170+00																								0	

Fonte: Pérez (2016).

Quadro A. 3 – Inventário do levantamento dos defeitos superficiais de 2015: faixa Garuva-Itapoá

INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO																									
RODOVIA: SC-416 ITAPOÁ			OPERADOR: Laboratório de Pavimentação da UFSC																						
TRECHO: Segmento monitorado 1			REVESTIMENTO TIPO: Asfalto-borracha e= 6cm																						
DATA: 28/03/2015			ESTACA INICIAL 1170+00				ESTACA FINAL 1185+00				FAIXA		Direita												
Estaca	Seção Terrap.	OK	TRINCAS										AFUNDAMENTOS				OUTROS DEFEITOS						TRL RODAS		Observação
			ISOLADAS					INTERLIGADAS					PLAS TICO		CONS.		O 5	P 5	E 5	EX 6	D 7	R 8	TRI (mm)	TRE (mm)	
			FI 1	TTC 1	TTL 1	TLC 1	TLL 1	TRR 1	FC-2		FC-3		ALP 4	ATP 4	ALC 4	ATC 4									
									J 2	TB 2	JE 3	TBE 3													
1170+00				x																			9	A= 1,3x9,6 m	
1170+00										x															A= 0,8x4,2 m
1170+5,0				x																					A= 0,9x2,1 m
1170+10,0						x																			A= 0,9x2,3 m
1170+15,0						x																			A= 0,9x4,6 m
1170+17,0				x																					A= 0,4x1,6 m
1171+00						x																	7		A= 0,8x5,9 m
1171+00										x															A= 1,0x3,3 m
1171+3,80				x																					A= 0,5x1,6 m
1171+6,0						x																			A= 0,9x9,1 m
1172+00						x																	3		A= 0,5x3,1 m
1172+4,7				x																					A= 0,4x2,4 m
1172+9,4				x																					A= 0,3x2,3 m
1172+12,7																			x						A= 0,9x2,4 m
1172+15,4				x																					A= 0,9x4,0 m
1172+16,0						x																			A= 0,7x3,1 m
1173+00																							4		
1174+00				x																			3		A= 0,8x4,0 m
1174+2,0						x																			A= 1,4x2,5m
1174+4,7				x																					A= 0,7x1,5 m
1174+19,0				x																					A= 0,5x1,7 m
1175+00																							5		
1175+11,0						x																			A= 0,6x9,0 m
1176+00				x																			3		A= 0,6x0,6 m
1176+13,4						x																			A= 0,9x1,5 m
1176+15,4				x																					A= 0,6x0,5 m

Fonte: Pérez (2016).

Quadro A. 4 – Inventário do levantamento dos defeitos superficiais de 2015: faixa Garuva-Itapoá (continuação)

INVENTARIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO																										
RODOVIA: SC-416 ITAPOÁ				OPERADOR: Laboratório de Pavimentação da UFSC																						
TRECHO: Segmento monitorado 1				REVESTIMENTO TIPO: Asfalto-borracha e= 6cm																						
DATA: 28/03/2015				ESTACA INICIAL				1170+00				ESTACA FINAL				1185+00				FAIXA		Direita				
Estaca	Seção Terrap.	OK	TRINCAS								AFUNDAMENTOS				OUTROS DEFEITOS						TRL RODAS		Observação			
			ISOLADAS						INTERLIGADAS		PLAS TICO		CONS.		O 5	P 5	E 5	EX 6	D 7	R 8	TRI (mm)	TRE (mm)				
			FI 1	TTC 1	TTL 1	TLC 1	TLL 1	TRR 1	FC-2		FC-3		ALP 4	ATP 4										ALC 4	ATC 4	
									J 2	TB 2	JE 3	TBE 3														
1176+16,0																									A= 1,2x2,5 m	
1176+16,7				x																						A= 0,6x1,0 m
1177+00				x																				2		A= 0,7x0,9 m
1177+00										x																A= 0,7x1,0 m
1177+2,7				x																						A= 0,5x1,0 m
1177+6,0				x																						A= 0,5x1,5 m
1177+6,7			x																							A= 0,2x0,5 m
1177+7,5			x																							A=0,25x0,25m
1177+13,4						x																				A= 0,2x1,3 m
1178+00																								4		
1178+16,0				x																						A= 0,4x2,3 m
1179+00						x																		2		A= 1,5x1,4 m
1179+1,0						x																				A= 0,5x1,5 m
1179+3,4						x																				A= 1,1x4,7 m
1179+5,4				x																						A= 0,4x0,5 m
1179+6,7										x																A= 0,2x0,5 m
1179+7,4				x																						A= 0,4x0,5 m
1179+9,4						x																				A= 0,4x1,2 m
1179+13,4				x																						A= 0,9x0,9 m
1179+14,0										x																A= 0,9x2,8 m
1179+18,0						x																				A= 0,6x2,7 m
1180+00				x																				4		A= 0,4x0,5 m
1180+12,7				x																						A= 0,8x7,7 m
1181+00																								6		
1181+0,4						x																				A= 0,7x4,6 m
1181+6,0				x																						A= 0,5x0,5 m

Fonte: Pérez (2016).

Quadro A. 5 – Inventário do levantamento dos defeitos superficiais de 2015: faixa Garuva-Itapoá (continuação)

INVENTARIO DO ESTADO DA SUPERFICIE DO PAVIMENTO																											
RODOVIA: SC-416 ITAPOÁ			OPERADOR: Laboratório de Pavimentação da UFSC																								
TRECHO: Segmento monitorado 1			REVESTIMENTO TIPO: Asfalto-borracha e=6cm																								
DATA: 28/03/2015			ESTACA INICIAL 1170+00										ESTACA FINAL 1185+00										FAIXA		Direita		
Estaca	Seção Terrap.	OK	TRINCAS								AFUNDAMENTOS				OUTROS DEFEITOS						TRL RODAS		Observação				
			ISOLADAS					INTERLIGADAS			PLASTICO		CONS.		O 5	P 5	E 5	EX 6	D 7	R 8	TRI (mm)	TRE (mm)					
			FI 1	TTC 1	TTL 1	TLC 1	TLL 1	TRR 1	FC-2		FC-3	ALP 4	ATP 4	ALC 4										ATC 4			
										J 2	TB 2	JE 3	TBE 3														
1181+7,4				x																							A= 0,5x0,5 m
1181+8,7			x																								A= 0,2x0,3 m
1181+9,4			x																								A= 0,2x0,3 m
1181+10,7						x																					A= 0,5x3,1 m
1181+12,7											x																A= 0,9x1,4 m
1181+14,0				x																							A= 0,8x1,0 m
1181+15,4				x																							A= 0,5x0,5 m
1181+16,7											x																A= 0,9x2,4 m
1181+17,4			x																								A= 0,2x0,7 m
1181+18,0						x																					A= 0,4x0,8 m
1181+18,7			x																								A= 0,2x0,5 m
1182+00			x																						7		A= 0,2x0,6 m
1182+00											x																A= 0,9x2,6 m
1182+0,7						x																					A= 0,2x0,4 m
1182+2,7						x																					A= 0,3x0,7 m
1182+3,4						x																					A= 0,5x1,1 m
1182+4,0						x																					A= 0,5x0,8 m
1182+5,4			x																								A= 0,2x0,5 m
1182+6,0			x																								A= 0,2x0,4 m
1182+6,0			x																								A= 0,2x0,5 m
1182+6,7						x																					A= 0,4x1,4 m
1182+8,7												x															A= 1,4x10,3 m
1182+10,7				x																							A= 1,2x2,3 m
1182+14,7											x																A= 0,5x1,2 m
1183+00																									9		
1183+0,4						x																					A= 0,5x2,4 m

Fonte: Pérez (2016).

Quadro A. 6 – Inventário do levantamento dos defeitos superficiais de 2015: faixa Garuva-Itapoá (continuação)

INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO																									
RODOVIA: SC-416 ITAPOÁ					OPERADOR: Laboratório de Pavimentação da UFSC																				
TRECHO: Segmento monitorado 1					REVESTIMENTO TIPO: Asfalto-borracha e= 6cm																				
DATA: 28/03/2015					ESTACA INICIAL 1170+00					ESTACA FINAL 1185+00					FAIXA Direita										
Estaca	Seção Terrap.	OK	TRINCAS								AFUNDAMENTOS				OUTROS DEFEITOS						TRL RODAS		Observação		
			ISOLADAS				INTERLIGADAS				PLÁSTICO		CONS.		O 5	P 5	E 5	EX 6	D 7	R 8	TRI (mm)	TRE (mm)			
			F1 1	TTC 1	TTL 1	TLC 1	TLL 1	TRR 1	FC-2 J 2 TB 2		FC-3 JE 3 TBE 3		ALP 4	ATP 4										ALC 4	ATC 4
1181+17,4			x																						A= 0,2x0,7 m
1181+18,0						x																			A= 0,4x0,8 m
1181+18,7			x																						A= 0,2x0,5 m
1182+00			x																				7		A= 0,2x0,6 m
1182+00										x															A= 0,9x2,6 m
1182+0,7						x																			A= 0,2x0,4 m
1182+2,7						x																			A= 0,3x0,7 m
1182+3,4						x																			A= 0,5x1,1 m
1182+4,0						x																			A= 0,5x0,8 m
1182+5,4			x																						A= 0,2x0,5 m
1182+6,0			x																						A= 0,2x0,4 m
1182+6,0			x																						A= 0,2x0,5 m
1182+6,7						x																			A= 0,4x1,4 m
1182+8,7										x															A= 1,4x10,3 m
1182+10,7				x																					A= 1,2x2,3 m
1182+14,7										x															A= 0,5x1,2 m
1183+00																							9		
1183+0,4						x																			A= 0,5x2,4 m
1183+2,0						x																			A= 0,5x0,9 m
1183+3,4						x																			A= 0,6x4,0 m

Fonte: Pérez (2016).

Quadro A. 7 – Inventário do levantamento dos defeitos superficiais de 2015: faixa Garuva-Itapoá (continuação)

INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO																										
RODOVIA: SC-416 ITAPOÁ			OPERADOR: Laboratório de Pavimentação da UFSC																							
TRECHO: Segmento monitorado 1			REVESTIMENTO TIPO: Asfalto-borracha e= 6cm																							
DATA: 28/03/2015			ESTACA INICIAL 1170+00				ESTACA FINAL 1185+00				FAIXA		Direita													
Estaca	Seção Terrap.	OK	TRINCAS										AFUNDAMENTOS				OUTROS DEFEITOS						TRL RODAS		Observação	
			ISOLADAS						INTERLIGADAS				PLÁSTICO		CONS.		O 5	P 5	E 5	EX 6	D 7	R 8	TRI (mm)	TRE (mm)		
			FI 1	TTC 1	TTL 1	TLC 1	TLL 1	TRR 1	FC-2		FC-3		ALP 4	ATP 4	ALC 4	ATC 4										
									J 2	TB 2	JE 3	TBE 3														
1183+2,0						x																				A= 0,5x0,9 m
1183+3,4						x																				A= 0,6x4,0 m
1183+4,0			x																							A= 0,2x0,5 m
1183+5,4						x																				A= 0,5x0,7 m
1183+6,7			x																							A= 0,2x0,5 m
1183+9,4				x																						A= 0,4x0,5 m
1183+12,0			x																							A= 0,2x0,3 m
1183+14,0				x																						A= 0,5x0,5 m
1183+15,4						x																				A= 0,4x2,4 m
1183+18,0			x																							A= 0,2x0,6 m
1184+00						x																		8		A= 0,3x0,5 m
1184+00						x																				A= 0,3x0,6 m
1184+4,0						x																				A= 0,4x1,2 m
1184+5,4			x																							A= 0,2x0,4 m
1184+18,0						x																				A= 0,5x0,8 m
1185+00																								3		

Fonte: Pérez (2016).

Quadro A. 8 – Inventário do levantamento dos defeitos superficiais de 2015: faixa Itapoá-Garuva

INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO																									
RODOVIA: SC-416 ITAPOÁ										OPERADOR: Laboratório de Pavimentação da UFSC															
TRECHO: Segmento monitorado 1										REVESTIMENTO TIPO: Asfalto-borracha e= 6cm															
DATA: 28/03/2015										ESTACA INICIAL 1185+00				ESTACA FINAL 1170+00				FAIXA		Esquerda					
Estaca	Seção Terrap	OK	TRINCAS								AFUNDAMENTOS				OUTROS DEFEITOS						TRI RODAS		Observação		
			ISOLADAS						INTERLIGADAS		PLÁSTICO		CONS.		O 5	P 5	E 5	EX 6	D 7	R 8	TRI (mm)	TRE (mm)			
			F1 1	TTC 1	TTL 1	TLC 1	TLL 1	TRR 1	FC-2		FC-3		ALP 4	ATP 4										ALC 4	ATC 4
									J 2	TB 2	JE 3	TBE 3													
1185+00																							4		
1184+00																							3		
1183+16,0						x																		A= 0,8x2,4 m	
1183+15,5						x																		A= 0,6x2,7 m	
1183+5,7				x																				A= 0,4x0,7 m	
1183+3,3				x																				A= 0,6x1,4 m	
1183+0,6						x																		A= 0,5x1,1 m	
1183+00																							8		
1182+11,2						x																		A= 0,6x0,9 m	
1182+00																							7		
1181+00																							5		
1180+18,0			x																					A= 0,3x0,3 m	
1180+00																							3		
1179+00																							3		
1178+00																							3		
1177+12,6				x																				A= 0,6x0,9 m	
1177+8,8				x																				A= 0,5x2,7 m	
1177+7,8				x																				A= 0,4x2,1 m	
1177+4,5						x																		A= 1,5x3,0 m	
1177+4,4						x																		A= 0,6x2,4 m	
1177+00																							3		

Fonte: Pérez (2016).

Quadro A. 9 – Inventário do levantamento dos defeitos superficiais de 2015: faixa Itapoá-Garuva (continuação)

INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO																									
RODOVIA: SC-416 ITAPOÁ								OPERADOR: Laboratório de Pavimentação da UFSC																	
TRECHO: Segmento monitorado 1								REVESTIMENTO TIPO: Asfalto-borracha e= 6cm																	
DATA: 28/03/2015								ESTACA INICIAL 1185+00				ESTACA FINAL 1170+00				FAIXA		Esquerda							
Estaca	Seção Terrap	OK	TRINCAS								AFUNDAMENTOS				OUTROS DEFEITOS						TRL RODAS		Observação		
			ISOLADAS						INTERLIGADAS				PLÁSTICO		CONS.		O 5	P 5	E 5	EX 6	D 7	R 8		TRI (mm)	TRE (mm)
			FI 1	TTC 1	TTL 1	TLC 1	TLL 1	TRR 1	FC-2		FC-3		ALP 4	ATP 4	ALC 4	ATC 4									
									J 2	TB 2	JE 3	TBE 3													
1176+00																							1		
1175+8,2						x																		A= 0,4x1,2 m	
1175+3,9						x																		A= 0,6x2,1 m	
1175+2,9						x																		A= 0,3x0,5 m	
1175+00																							1		
1174+14,6										x	x													A= 0,5x2,5 m	
1174+11,1										x	x													A= 1,4x9,7 m	
1174+8,9				x																				A= 0,6x0,5 m	
1174+00																							1		
1173+2,0										x	x													A= 3,8x1,6 m	
1173+00																							4		
1172+00																							3	A= 0,4x0,6 m	
1171+15,0											x													A= 1,5x7,8 m	
1171+00											x												3		
1170+18,0										x														A= 1,0x1,0 m	
1170+10,2				x																				A= 0,3x0,6 m	
1170+4,2						x																		A= 0,5x2,0 m	
1170+00																							2		

Fonte: Pérez (2016).

Quadro A. 10 – Inventário do levantamento dos defeitos superficiais de 2016: faixa Garuva-Itapoá

INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO																										
RODOVIA: SC-416 ITAPOÁ										OPERADOR: Laboratório de Pavimentação da UFSC																
TRECHO: Segmento monitorado 1										REVESTIMENTO TIPO: Asfalto-borracha e=6cm																
DATA: 20/02/2016										ESTACA INICIAL 1170+00					ESTACA FINAL 1185+00					FAIXA		Direita				
Estaca	Seção Terrap.	OK	TRINCAS										AFUNDAMENTOS				OUTROS DEFEITOS						TRI RODAS		Observação	
			ISOLADAS						INTERLIGADAS				PLÁSTICO		CONS.		O 5	P 5	E 5	EX 6	D 7	R 8	TRI (mm)	TRE (mm)		
			FI 1	TTC 1	TTL 1	TLC 1	TLL 1	TRR 1	FC-2		FC-3		ALP 4	ATP 4	ALC 4	ATC 4										
									J 2	TB 2	JE 3	TBE 3														
1170+00			x																					11,5	A = 0,4x0,5 m	
1170+0,5										x																A = 1,1x5,16 m
1170+0,5										x																A = 0,7x1,2 m
1170+1,7										x																A = 0,8x2,9 m
1170+3,10										x																A = 1,1x2,0 m
1170+5,10										x																A = 1,2x5,8 m
1170+5,7										x																A = 0,9x0,9 m
1170+6,6							x																			A = 0,2x0,6 m
1170+7,7							x																			A = 0,2x0,4 m
1170+8,3							x																			A = 0,2x0,3 m
1170+9,0							x																			A = 0,2x0,4 m
1170+9,2							x																			A = 0,2x0,5 m
1170+9,7							x																			A = 0,2x0,4 m
1170+9,9							x																			A = 0,2x0,7 m
1170+10,2							x																			A = 0,2x0,3 m
1170+11,2										x																A = 1,1x7,1 m
1170+11,6							x																			A = 0,2x0,6 m
1170+12,5							x																			A = 0,2x0,3 m
1170+13,5				x																						A = 0,2x0,2 m
1170+14,8										x																A = 0,4x1,3 m
1170+17,3										x																A = 0,7x2,6 m

Fonte: Pérez (2016).

Quadro A. 11 – Inventário do levantamento dos defeitos superficiais de 2016: faixa Garuva-Itapoá (continuação)

INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO																									
RODOVIA: SC-416 ITAPOÁ			OPERADOR: Laboratório de Pavimentação da UFSC																						
TRECHO: Segmento monitorado 1			REVESTIMENTO TIPO: Asfalto-borracha e= 6cm																						
DATA: 20/02/2016			ESTACA INICIAL 1170+00 ESTACA FINAL 1185+00 FAIXA Direita																						
Estaca	Seção Terrap.	OK	TRINCAS								AFUNDAMENTOS				OUTROS DEFEITOS						TRI RODAS		Observação		
			ISOLADAS					INTERLIGADAS			PLAS TICO		CONS.		O 5	P 5	E 5	EX 6	D 7	R 8	TRI (mm)	TRE (mm)			
			FI 1	TTC 1	TTL 1	TLC 1	TLL 1	TRR 1	FC-2		FC-3		ALP 4	ATP 4										ALC 4	ATC 4
									J 2	TB 2	JE 3	TBE 3													
1170+19,0												x													A = 1,0x1,1 m
1171+00			x																					8,5	A = 0,8x2,6 m
1171+3,5										x															A = 0,5x3,2 m
1171+4,0							x																		A = 0,3x1,8 m
1171+7,8										x															A = 1,0x3,6 m
1171+10,4				x																					A = 0,2x0,2 m
1171+10,8							x																		A = 0,5x1,5 m
1171+11,0							x																		A = 0,5x1,8 m
1171+11,3							x																		A = 0,5x0,3 m
1171+11,6							x																		A = 0,5x0,3 m
1171+11,9							x																		A = 0,5x0,3 m
1171+12,1				x																					A = 0,5x2,2 m
1171+14,2										x															A = 0,5x0,5 m
1171+14,4												x													A = 0,5x1,6 m
1171+7,6					x																				A = 0,6x1,5 m
1171+8,3					x																				A = 0,7x1,5 m
1171+9,0										x															A = 0,8x1,4 m
1171+10,0					x																				A = 0,8x0,5 m
1171+10,4					x																				A = 0,5x0,5 m
1171+11,7								x																	A = 0,5x2,8 m
1171+12,1						x																			A = 0,5x0,4 m
1171+12,5						x																			A = 0,5x4,4 m
1172+00												x												3,5	
1172+1,6								x																	A = 0,4x2,90m
1172+4,3				x																					A = 0,5x4,2 m
1172+8,5						x																			A = 0,5x2,5 m

Fonte: Pérez (2016).

Quadro A. 12 – Inventário do levantamento dos defeitos superficiais de 2016: faixa Garuva-Itapoá (continuação)

INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO																										
RODOVIA: SC-416 ITAPOÁ										OPERADOR: Laboratório de Pavimentação da UFSC																
TRECHO: Segmento monitorado 1										REVESTIMENTO TIPO: Asfalto-borracha e= 6cm																
DATA: 20/02/2016										ESTACA INICIAL 1170+00 ESTACA FINAL 1185+00 FAIXA Direita																
Estaca	Seção Terrap.	OK	TRINCAS										AFUNDAMENTOS				OUTROS DEFEITOS						TRL RODAS		Observação	
			ISOLADAS							INTERLIGADAS			PLASTICO		CONS.		O 5	P 5	E 5	EX 6	D 7	R 8	TRI (mm)	TRE (mm)		
			FI 1	TTC 1	TTL 1	TLC 1	TLL 1	TRR 1	FC-2		FC-3	ALP 4	ATP 4	ALC 4	ATC 4											
									J 2	TB 2	JE 3					TBE 3										
1172+9,3							x																		A = 0,5x2,0 m	
1172+13,8																										A = 0,9x2,2 m
1172+14,0						x																				A = 0,9x4,6 m
1172+19,0				x																						A = 0,9x1,4 m
1172+19,5																					x					A = 0,9x1,5 m
1173+00							x																	6,5		A = 0,9x2,4 m
1173+3,3										x																A = 0,2x0,5 m
1173+4,0										x																A = 1,3x0,9 m
1173+10,3					x																					A = 1,2x0,5 m
1173+13,7				x																						A = 0,2x0,2 m
1173+15,0				x																						A = 0,2x0,4 m
1173+15,4						x																				A = 0,2x0,5 m
1173+15,7										x																A = 0,2x0,5 m
1173+16,7										x																A = 0,9x3,4 m
1173+18,0										x																A = 1,0x1,6 m
1174+00										x														4,5		A = 1,0x6,2 m
1174+00										x																A = 1,4x6,0 m
1174+6,5						x																				A = 0,5x0,7 m
1174+11,0			x																							A = 0,6x1,9 m
1174+13,0				x																						A = 0,3x0,3 m
1174+13,5			x																							A = 0,2x0,2 m
1174+17,0			x																							A = 0,6x3,7 m
1175+00				x																				5,0		A = 0,5x0,2 m
1175+0,2			x																							A = 0,5x0,2 m
1175+1,0			x																							A = 0,4x0,6 m
1175+5,3			x																							A = 0,3x0,7 m

Fonte: Pérez (2016).

Quadro A. 13 – Inventário do levantamento dos defeitos superficiais de 2016: faixa Garuva-Itapoá (continuação)

INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO																									
RODOVIA: SC-416 ITAPOÁ										OPERADOR: Laboratório de Pavimentação da UFSC															
TRECHO: Segmento monitorado 1										REVESTIMENTO TIPO: Asfalto-borracha e= 6cm															
DATA: 20/02/2016										ESTACA INICIAL 1170+00					ESTACA FINAL 1185+00					FAIXA Direita					
Estaca	Seção Terrap.	OK	TRINCAS								AFUNDAMENTOS				OUTROS DEFEITOS						TRI RODAS		Observação		
			ISOLADAS					INTERLIGADAS			PLAS TICO		CONS.		O 5	P 5	E 5	EX 6	D 7	R 8	TRI (mm)	TRE (mm)			
			FI 1	TTC 1	TTL 1	TLC 1	TLL 1	TRR 1	FC-2		FC-3		ALP 4	ATP 4										ALC 4	ATC 4
									J 2	TB 2	JE 3	TBE 3													
1175+7,0			x																					A = 0,2x0,7 m	
1175+8,4			x																						A = 0,4x1,8 m
1175+11,8										x															A = 0,4x2,3 m
1175+14,2			x																						A = 0,7x2,4 m
1175+17,2								x																	A = 0,6x2,8 m
1176+00			x																				3,5		
1176+1,2			x																						A = 0,2x1,5 m
1176+14,2			x																						A = 0,9x1,5 m
1176+15,7										x															A = 0,6x3,7 m
1176+16,6												x													A = 1,2x2,5 m
1176+19,3			x																						A = 0,5x2,0 m
1177+00			x																				2,5		
1177+2,4								x																	A = 0,7x2,4 m
1177+5,2					x																				A = 1,2x0,6 m
1177+7,5			x																						A = 0,5x0,7 m
1177+8,8				x																					A = 0,2x0,4 m
1177+10,0			x																						A = 0,4x0,4 m
1177+10,8			x																						A = 0,4x0,6 m
1177+11,5			x																						A = 0,4x0,2 m
1177+11,6				x																					A = 0,3x0,2 m
1177+12,4			x																						A = 0,4x1,1 m
1177+18,0			x																						A = 0,3x0,4 m
1178+00			x																				4,5		
1178+0,5			x																						A = 0,6x0,6 m
1178+2,4				x																					A = 0,4x0,5 m
1178+4,3				x																					A = 0,4x0,2 m

Fonte: Pérez (2016).

Quadro A. 14 – Inventário do levantamento dos defeitos superficiais de 2016: faixa Garuva-Itapoá (continuação)

INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO																									
RODOVIA: SC-416 ITAPOÁ			OPERADOR: Laboratório de Pavimentação da UFSC																						
TRECHO: Segmento monitorado 1			REVESTIMENTO TIPO: Asfalto-borracha e= 6cm																						
DATA: 20/02/2016			ESTACA INICIAL				1170+00				ESTACA FINAL				1185+00				FAIXA		Direita				
Estaca	Seção Terrap.	OK	TRINCAS								AFUNDAMENTOS				OUTROS DEFEITOS						TRI RODAS		Observação		
			ISOLADAS					INTERLIGADAS			PLÁSTICO		CONS.		O 5	P 5	E 5	EX 6	D 7	R 8	TRI (mm)	TRE (mm)			
			FI 1	TTC 1	TTL 1	TLC 1	TLL 1	TRR 1	FC-2		FC-3		ALP 4	ATP 4										ALC 4	ATC 4
									J 2	TB 2	JE 3	TBE 3													
1178+11,1			x																					A = 0,4x0,4 m	
1178+16,4			x																						A = 0,4x1,8 m
1178+18,8			x																						A = 0,4x0,2 m
1178+19,6			x																						A = 0,4x0,2 m
1179+00																							4,0		
1179+0,3			x																						A = 1,6x2,8 m
1179+3,0			x																						A = 0,5x0,2 m
1179+3,1																									A = 1,1x1,5 m
1179+4,2											x														A = 0,5x0,4 m
1179+4,9					x																				A = 0,9x0,4 m
1179+6,4										x															A = 0,5x0,2 m
1179+6,8							x																		A = 0,4x1,4 m
1179+7,6			x																						A = 1,0x0,2 m
1179+9,1					x																				A = 0,9x1,2 m
1179+11,5			x																						A = 0,5x0,3 m
1179+12,4				x																					A = 0,6x0,4 m
1179+13,0			x																						A = 0,8x2,5 m
1179+17,0			x																						A = 0,9x0,6 m
1179+17,5										x															A = 0,9x3,2 m
1179+18,3			x																						A = 0,6x2,2 m
1180+00			x																				6,0		
1180+00			x																						A = 0,5x0,2 m
1180+6,0			x																						A = 0,7x0,4 m
1180+6,5			x																						A = 0,5x0,4 m
1180+7,1			x																						A = 0,2x0,4 m
1180+10,4										x															A = 1,0x0,6 m

Fonte: Pérez (2016).

Quadro A. 15 – Inventário do levantamento dos defeitos superficiais de 2016: faixa Garuva-Itapoá (continuação)

INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO																								
RODOVIA: SC-416 ITAPOÁ			OPERADOR: Laboratório de Pavimentação da UFSC																					
TRECHO: Segmento monitorado 1			REVESTIMENTO TIPO: Asfalto-borracha e= 6cm																					
DATA: 20/02/2016			ESTACA INICIAL				1170+00				ESTACA FINAL				1185+00				FAIXA		Direita			
Estaca	Seção Terrap.	OK	TRINCAS								AFUNDAMENTOS				OUTROS DEFEITOS						TRL RODAS		Observação	
			ISOLADAS					INTERLIGADAS			PLÁSTICO		CONS.		O 5	P 5	E 5	EX 6	D 7	R 8	TRI (mm)	TRE (mm)		
			FI 1	TTC 1	TIL 1	TLC 1	TLL 1	TRR 1	FC-2		FC-3	ALP 4	ATP 4	ALC 4										ATC 4
									J 2	TB 2	JE 3													
1180+12,0				x																			A = 0,4x0,8 m	
1180+13,3				x																			A = 0,8x0,8 m	
1180+14,0				x																			A = 0,7x0,8 m	
1180+14,9								x															A = 0,8x2,1 m	
1180+15,2			x																				A = 0,8x1,2 m	
1180+16,6			x																				A = 1,2x0,8 m	
1180+17,8				x																			A = 0,5x0,6 m	
1180+17,8			x																				A = 0,4x0,8 m	
1180+18,6			x																				A = 0,3x0,8 m	
1180+19,0				x																			A = 0,5x0,8 m	
1180+19,3				x																			A = 0,4x0,8 m	
1180+19,5				x																			A = 0,4x0,8 m	
1180+19,8			x																				A = 0,3x0,8 m	
1181+00								x													8,0		A = 0,8x7,3 m	
1181+00				x																			A = 0,2x0,2 m	
1181+5,7				x																			A = 0,4x0,6 m	
1181+8,1			x																				A = 0,3x0,2 m	
1181+8,5			x																				A = 0,5x0,7 m	
1181+9,4			x																				A = 0,4x0,7 m	
1181+10,1									x														A = 0,2x0,2 m	
1181+10,4				x																			A = 0,9x0,6 m	
1181+11,9			x																				A = 0,2x0,2 m	
1181+12,5											x												A = 0,2x0,4 m	
1181+13,0											x												A = 0,5x0,4 m	
1181+13,5				x																			A = 0,9x0,6 m	
1181+14,0									x														A = 0,4x0,3 m	

Fonte: Pérez (2016).

Quadro A. 16 – Inventário do levantamento dos defeitos superficiais de 2016: faixa Garuva-Itapoá (continuação)

INVENTARIO DO ESTADO DA SUPERFICIE DO PAVIMENTO																										
RODOVIA: SC-416 ITAPOÁ										OPERADOR: Laboratório de Pavimentação da UFSC																
TRECHO: Segmento monitorado 1										REVESTIMENTO TIPO: Asfalto-borracha e= 6cm																
DATA: 20/02/2016										ESTACA INICIAL 1170+00				ESTACA FINAL 1185+00				FAIXA Direita								
Estaca	Seção Terrap.	OK	TRINCAS										AFUNDAMENTOS				OUTROS DEFEITOS						TRL RODAS		Observação	
			ISOLADAS						INTERLIGADAS				PLASTICO		CONS.		O 5	P 5	E 5	EX 6	D 7	R 8	TRI (mm)	TRE (mm)		
			FI 1	TTC 1	TTL 1	TLC 1	TLL 1	TRR 1	FC-2		FC-3		ALP 4	ATP 4	ALC 4	ATC 4										
									J 2	TB 2	JE 3	TBE 3														
1181+14,2			x																							A = 0,7x0,4 m
1181+15,0				x																						A = 0,7x0,2 m
1181+15,2			x																							A = 1,2x0,6 m
1181+16,0			x																							A = 0,6x0,2 m
1181+16,9												x														A = 0,3x0,7 m
1181+17,2			x																							A = 0,5x0,4 m
1181+17,2										x																A = 1,0x2,8 m
1181+18,2				x																						A = 1,0x0,6 m
1181+19,0				x																						A = 0,3x0,2 m
1181+19,3				x																						A = 0,3x0,2 m
1182+00												x												10,0		A = 1,0x5,0 m
1182+3,9			x																							A = 0,4x0,7 m
1182+5,0			x																							A = 0,6x0,8 m
1182+5,7			x																							A = 0,4x2,1 m
1182+8,2												x														A = 0,6x0,3 m
1182+9,0												x														A = 0,5x0,2 m
1182+9,5					x																					A = 0,8x0,2 m
1182+10,3												x														A = 1,3x9,7 m
1182+10,5											x															A = 0,9x0,2 m
1182+12,0											x															A = 0,5x4,2 m
1182+16,0			x																							A = 0,5x4,2 m
1183+00			x																					11,0		A = 0,5x2,5 m
1183+0,5			x																							A = 0,6x0,2 m
1183+1,7			x																							A = 0,5x2,0 m
1183+4,3			x																							A = 0,6x1,3 m
1183+5,0			x																							A = 0,4x0,6 m

Fonte: Pérez (2016).

Quadro A. 17 – Inventário do levantamento dos defeitos superficiais de 2016: faixa Garuva-Itapoá (continuação)

INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO																										
RODOVIA: SC-416 ITAPOÁ					OPERADOR: Laboratório de Pavimentação da UFSC																					
TRECHO: Segmento monitorado 1					REVESTIMENTO TIPO: Asfalto-borracha e= 6cm																					
DATA: 20/02/2016					ESTACA INICIAL 1170+00					ESTACA FINAL 1185+00					FAIXA		Direita									
Estaca	Seção Terrap.	OK	TRINCAS										AFUNDAMENTOS				OUTROS DEFEITOS						TRL RODAS		Observação	
			ISOLADAS						INTERLIGADAS				PLÁSTICO		CONS.		O 5	P 5	E 5	EX 6	D 7	R 8	TRI (mm)	TRE (mm)		
			FI 1	TTC 1	TTL 1	TLC 1	TLL 1	TRR 1	FC-2		FC-3		ALP 4	ATP 4	ALC 4	ATC 4										
									J 2	TB 2	JE 3	TBE 3														
1183+6,8			x																							A = 0,9x0,3 m
1183+9,1			x																							A = 0,4x0,8 m
1183+10,8			x																							A = 0,6x0,2 m
1183+11,8			x																							A = 0,2x0,2 m
1183+12,2			x																							A = 0,5x0,5 m
1183+12,5			x																							A = 0,8x0,4 m
1183+13,7			x																							A = 1,0x0,4 m
1183+14,8			x																							A = 0,5x0,2 m
1183+15,0			x																							A = 0,5x3,9 m
1183+16,0			x																							A = 0,4x0,2 m
1183+19,0			x																							A = 0,3x0,2 m
1183+19,3			x																							A = 0,7x0,2 m
1184+00			x																					9,5		A = 0,2x0,7 m
1184+00			x																							A = 1,1x0,3 m
1184+2,7			x																							A = 0,4x2,2 m
1184+5,3			x																							A = 0,2x0,6 m
1184+10,2			x																							A = 0,2x0,2 m
1184+10,6			x																							A = 0,2x0,2 m
1184+13,0			x																							A = 0,2x0,3 m
1184+14,7			x																							A = 0,2x0,2 m
1185+00			x																					4,0		A = 0,2x0,5 m
1185+00			x																							A = 0,3x0,5 m

Fonte: Pérez (2016).

Quadro A. 18 – Inventário do levantamento dos defeitos superficiais de 2016: faixa Itapoá-Garuva

INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO																									
RODOVIA: SC-416 ITAPOÁ										OPERADOR: Laboratório de Pavimentação da UFSC															
TRECHO: Segmento monitorado 1										REVESTIMENTO TIPO: Asfalto-borracha e= 6cm.															
DATA: 20/02/2016										ESTACA INICIAL 1185+00					ESTACA FINAL 1170+00					FAIXA		Esquerda			
Estaca	Seção Terrap	OK	TRINCAS										AFUNDAMENTOS				OUTROS DEFEITOS						TRI RODAS		Observação
			ISOLADAS						INTERLIGADAS				PLÁSTICO		CONS.		O 5	P 5	E 5	EX 6	D 7	R 8	TRI (mm)	TRE (mm)	
			FI 1	TTC 1	TTL 1	TLC 1	TLL 1	TRR 1	FC-2		FC-3		ALP 4	ATP 4	ALC 4	ATC 4									
									J 2	TB 2	JE 3	TBE 3													
1185+00																								7,0	
1184+19,6			x																						A=0,2x0,4m.
1184+19,1			x																						A=0,1x0,1m.
1184+19,0			x																						A=0,2x0,2
1184+15,9			x																						A=0,4x0,2m.
1184+14,2			x																						A=0,2x0,2m.
1184+12,6			x																						A=,2x0,6m.
1184+5,3			x																						A=0,4x0,8m.
1184+4,3			x																						A=0,4x0,2m.
1184+3,2			x																						A=0,2x0,6m.
1184+1,3			x																						A=0,2x0,2m.
1184+0,4			x																						A=0,3x2,1
1184+0,3			x																						A=0,5x0,2m.
1184+00																								7,0	
1183+18,5			x																						A=0,2x1,1m.
1183+17,7			x																						A=0,2x2,3m.
1183+16,7			x																						A=0,8x2,4m.
1183+15,7			x																						A=0,6x2,7m.
1183+15,0			x																						A=0,2x1,3m.
1183+13,2			x																						A=0,2x1,6m.
1183+13,1			x																						A=0,2x1,3m.

Fonte: Pérez (2016).

Quadro A. 19 – Inventário do levantamento dos defeitos superficiais de 2016: faixa Itapoá-Garuva (continuação)

INVENTARIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO																									
RODOVIA: SC-416 ITAPOÁ								OPERADOR: Laboratório de Pavimentação da UFSC																	
TRECHO: Segmento monitorado 1								REVESTIMENTO TIPO: Asfalto-borracha e= 6cm																	
DATA: 20/02/2016								ESTACA INICIAL 1185+00				ESTACA FINAL 1170+00				FAIXA		Esquerda							
Estaca	Seção Terrap	OK	TRINCAS								AFUNDAMENTOS				OUTROS DEFEITOS						TRI RODAS		Observação		
			ISOLADAS					INTERLIGADAS			PLASTICO		CONS.		O 5	P 5	E 5	EX 6	D 7	R 8	TRI (mm)	TRE (mm)			
			FI 1	TTC 1	TTL 1	TLC 1	TLL 1	TRR 1	FC-2		FC-3		ALP 4	ATP 4										ALC 4	ATC 4
									J 2	TB 2	JE 3	TBE 3													
1183+12,5			x																				A=0,3x0,7m		
1183+7,5			x																				A=0,2x3,6m		
1183+6,3			x																				A=0,4x0,7m		
1183+5,4			x																				A=0,5x1,5m		
1183+4,7			x																				A=0,4x0,6m		
1183+3,9			x																				A=0,6x1,6m		
1183+3,1									x														A=0,8x1,6m		
1183+2,4			x																				A=0,4x0,7m		
1183+1,7			x																				A=0,3x0,4m		
1183+1,0									x														A=0,7x0,8m		
1183+0,8			x																				A=0,6x1,1m		
1183+0,4			x																				A=0,5x0,4m		
1183+00			x																		12,0		A=0,2x3,3m		
1182+18,8			x																				A=0,5x0,2m		
1182+18,5			x																				A=0,2x0,2m		
1182+17,4			x																				A=0,2x1,2m		
1182+16,0			x																				0,3x1,3m		
1182+15,6			x																				A=0,2x0,9m		
1182+13,9			x																				A=0,2x1,5m		
1182+12,6			x																				A=0,3x0,2m		
1182+11,4			x																				A=0,4x1,2m		
1182+10,7			x																				A=0,2x0,2m		
1182+10,1			x																				A=0,4x0,2m		
1182+9,4			x																				A=0,5x0,2m		
1182+8,5			x																				A=0,2x0,2m		
1182+8,3			x																				A=0,5x0,2m		

Fonte: Pérez (2016).

Quadro A. 20 – Inventário do levantamento dos defeitos superficiais de 2016: faixa Itapoá-Garuva (continuação)

INVENTARIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO																							
RODOVIA: SC-416 ITAPOÁ			OPERADOR: Laboratório de Pavimentação da UFSC																				
TRECHO: Segmento monitorado 1			REVESTIMENTO TIPO: Asfalto-borracha e= 6cm																				
DATA: 20/02/2016			ESTACA INICIAL				1185+00				ESTACA FINAL				1170+00				FAIXA		Esquerda		
Estaca	Seção Terrap	OK	TRINCAS								AFUNDAMENTOS				OUTROS DEFEITOS						TRI RODAS		Observação
			ISOLADAS				INTERLIGADAS				PLASTICO		CONS.		O 5	P 5	E 5	EX 6	D 7	R 8	TRI (mm)	TRE (mm)	
			FI 1	TTC 1	TTL 1	TLC 1	TLL 1	TRR 1	FC-2		FC-3		ALP 4	ATP 4									
									J 2	TB 2	JE 3	TBE 3											
1182+6,2			x																			A=0,2x0,8m	
1182+3,1			x																			A=0,2x1,0m	
1182+1,5			x																			A=0,2x0,2m	
1182+1,2			x																			A=0,2x1,0m	
1182+0,9			x																			A=0,3x0,2m	
1182+00			x																		11,0	A=0,7x0,2m	
1181+19,8			x																			A=0,2x0,2m	
1181+18,1			x																			A=0,4x0,2m	
1181+17,3			x																			A=0,2x1,9m	
1181+16,1			x																			A=0,4x0,2m	
1181+15,4			x																			A=0,2x1,0m	
1181+15,2			x																			A=0,3x0,2m	
1181+13,7			x																			A=0,3x1,3m	
1181+12,6			x																			A=0,2x2,3m	
1181+12,2			x																			A=0,6x0,2m	
1181+10,8			x																			A=0,2x0,3m	
1181+9,1			x																			A=0,2x1,0m	
1181+8,6			x																			A=0,3x0,2m	
1181+7,7			x																			A=0,2x2,3m	
1181+6,5			x																			A=0,3x1,1m	
1181+5,3			x																			A=0,4x0,2m	
1181+4,2			x																			A=0,4x0,3m	
1181+3,5			x																			A=0,2x0,2m	
1181+2,3			x																			A=0,2x0,8m	
1181+2,1			x																			A=0,2x0,2m	
1181+00																					8,0		

Fonte: Pérez (2016).

Quadro A. 21 – Inventário do levantamento dos defeitos superficiais de 2016: faixa Itapoá-Garuva (continuação)

INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO																									
RODOVIA: SC-416 ITAPOÁ			OPERADOR: Laboratório de Pavimentação da UFSC																						
TRECHO: Segmento monitorado 1			REVESTIMENTO TIPO: Asfalto-borracha e=6cm																						
DATA: 20/02/2016			ESTACA INICIAL 1185+00				ESTACA FINAL 1170+00				FAIXA		Esquerda												
Estaca	Seção Terrap	OK	TRINCAS								AFUNDAMENTOS				OUTROS DEFEITOS						TRI RODAS		Observação		
			ISOLADAS				INTERLIGADAS				PLASTICO		CONS.		O 5	P 5	E 5	EX 6	D 7	R 8	TRI (mm)	TRE (mm)			
			FI 1	TTC 1	TIL 1	TLC 1	TLL 1	TRR 1	FC-2		FC-3		ALP 4	ATP 4										ALC 4	ATC 4
									J 2	TB 2	JE 3	TBE 3													
1180+18,5			x																				A=0,5x0,2m		
1180+18,0			x																				A=0,2x0,2m		
1180+18,8			x																				A=0,3x0,2m		
1180+17,3			x																				A=0,2x0,7m		
1180+16,3			x																				A=0,2x0,4m		
1180+15,7			x																				A=0,3x0,2m		
1180+14,9			x																				A=0,4x0,2m		
1180+14,2			x																				A=0,2x0,3m		
1180+11,1			x																				A=0,7x1,5m		
1180+9,2			x																				A=0,5x0,8m		
1180+7,3			x																				A=0,6x1,3m		
1180+6,1			x																				A=0,3x0,2m		
1180+2,8			x																				A=0,3x0,8m		
1180+00																						7,0			
1179+7,6																	x						A=0,2x0,4m		
1179+00																						8,0			
1178+14,3			x																				A=0,4x0,6m		
1178+00																						6,5			
1177+13,4			x																				A=0,6x0,9m		
1177+12,6									x														A=0,7x0,5m		
1177+11,5			x																				A=0,5x1,1m		
1177+10,4									x														A=0,8x1,1m		
1177+9,9			x																				A=0,4x0,7m		
1177+9,7			x																				A=0,2x0,4m		
1177+8,6									x														A=0,5x2,7m		
1177+8,0			x																				A=0,4x2,1m		

Fonte: Pérez (2016).

Quadro A. 22 – Inventário do levantamento dos defeitos superficiais de 2016: faixa Itapoá-Garuva (continuação)

INVENTARIO DO ESTADO DA SUPERFICIE DO PAVIMENTO																										
RODOVIA: SC-416 ITAPOÁ				OPERADOR: Laboratório de Pavimentação da UFSC																						
TRECHO: Segmento monitorado 1				REVESTIMENTO TIPO: Asfalto-borracha e=6cm																						
DATA: 20/02/2016				ESTACA INICIAL 1185+00										ESTACA FINAL 1170+00					FAIXA Esquerda							
Estaca	Seção Terrap	OK	TRINCAS										AFUNDAMENTOS				OUTROS DEFEITOS						TRL RODAS		Observação	
			ISOLADAS						INTERLIGADAS				PLASTICO		CONS.		O 5	P 5	E 5	EX 6	D 7	R 8	TRI (mm)	TRE (mm)		
			FI 1	TTC 1	TTL 1	TLC 1	TLL 1	TRR 1	FC-2		FC-3		ALP 4	ATP 4	ALC 4	ATC 4										
									J 2	TB 2	JE 3	TBE 3														
1177+4,4			x																						A=0,6x2,4m	
1177+5,1											x															A=1,0x2,0m
1177+4,4			x																							A=0,4x0,4m
1177+0,5			x																							A=0,3x1,0m
1177+00																								7,0		
1176+00																								6,0		
1175+13,9			x																							A=0,2x0,5m
1175+10,8			x																							A=0,3x0,2m
1175+8,5			x																							A=0,2x1,5m
1175+6,0										x																A=0,6x0,6m
1175+2,6			x																							A=0,4x3,1m
1175+00										x														4,5		A=0,7x0,7m
1175+19,1			x																							A=0,8x0,9m
1174+12,1											x															A=0,9x6,5m
1174+8,9			x																							A=0,5x0,3m
1174+00																								3,5		
1173+19,2			x																							A=0,2x0,8m
1173+15,9			x																							A=0,2x0,3m
1173+15,6			x																							A=0,5x0,5m
1173+5,7			x																							A=0,6x1,2m
1173+5,6			x																							A=0,4x0,7m
1173+4,0										x																A=0,8x2,1m
1173+2,2			x																							A=0,2x0,4m
1173+2,1											x															A=1,3x1,9m
1173+2,0			x																							A=1,5x3,8m
1173+1,5										x																A=0,5x1,1m

Fonte: Pérez (2016).

Quadro A. 23 – Inventário do levantamento dos defeitos superficiais de 2016: faixa Itapoá-Garuva (continuação)

INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO																									
RODOVIA: SC-416 ITAPOÁ										OPERADOR: Laboratório de Pavimentação da UFSC															
TRECHO: Segmento monitorado 1										REVESTIMENTO TIPO: Asfalto-borracha e= 6cm															
DATA: 20/02/2016										ESTACA INICIAL 1185+00				ESTACA FINAL 1170+00				FAIXA Esquerda							
Estaca	Seção Terrap	OK	TRINCAS								AFUNDAMENTOS				OUTROS DEFEITOS						TRL RODAS		Observação		
			ISOLADAS					INTERLIGADAS			PLÁSTICO		CONS.		O 5	P 5	E 5	EX 6	D 7	R 8	TRI (mm)	TRE (mm)			
			F1 1	TTC 1	TTL 1	TLC 1	TLL 1	TRR 1	FC-2		FC-3		ALP 4	ATP 4										ALC 4	ATC 4
									J 2	TB 2	JE 3	TBE 3													
1173+0,3			x																					A=1,1x1,5m	
1173+00			x																				4,5	A=0,4x1,4m	
1172+19,6			x																					A=0,2x0,3m	
1172+15,5			x																					A=0,5x0,6m	
1172+14,5				x																				A=0,3x0,2m	
1172+9,3				x																				A=0,2x0,3m	
1172+8,9				x																				A=0,4x0,2m	
1172+8,3				x																				A=0,2x0,4m	
1172+7,8				x																				A=0,4x0,2m	
1172+7,6				x																				A=0,3x0,2m	
1172+6,6						x																		A=0,6x1,0m	
1172+3,8			x																					A=0,7x1,6m	
1172+0,7			x																					A=1,2x2,4m	
1172+00																							8,0		
1172+00										x														A=0,7x1,2m	
1171+19,0			x																					A=0,3x0,9m	
1171+18,0			x																					A=0,3x0,4m	
1171+17,0											x													A=1,2x3,0m	
1171+16,0									x															A=1,0x1,5m	
1171+14,7			x																					A=0,5x1,3m	
1171+11,9			x																					A=0,2x0,4m	
1171+8,1			x																					A=0,2x0,2m	
1171+00																							6,0		
1170+10,5			x																					A=0,2x0,5m	
1170+10,1			x																					A=0,3x0,7m	
1170+7,1			x																					A=0,5x0,8m	
1170+4,4			x																					A=0,5x4,2m	
1170+4,0			x																					A=0,5x2,7m	
1170+00			x																					A=0,5x1,7m	
1170+00			x																				4,0	A=0,2x0,6m	

Fonte: Pérez (2016).

Quadro A. 24 – Inventário do levantamento dos defeitos superficiais de 2017: faixa Garuva-Itapoá

Rodovia:	SC-416 / Itapoá						Operador:				Laboratório de Pavimentação da UFSC												
Trecho:	Segmento monitorado 1						Revestimento tipo:				Asfalto-borracha e= 6cm												
Data:	05/05/17						Estaca inicial:				1170+00	Estaca final:		1185+00	Faixa:		Garuva-Itapoá						
Estaca	Trincas										Afundamentos				Outros defeitos						Trilha de roda		Observação
	Isoladas						Interligadas				Plástico		Cons.		O	P	E	EX	D	R	TRI (mm)	TRE (mm)	
	FC-1						FC-2		FC-3		ALP	ATP	ALC	ATC									
	F1	TTC	TTL	TLC	TLL	TRR	J	TB	JE	TBE													
1170+00																						12,0	
1170+00							x																A = 1,4x20 m.
1170+0,5							x																A = 0,7x1,2 m.
1170+1,5							x																A = 1,1x8,6 m.
1170+10,2							x																A = 0,2x0,3 m.
1170+11							x																A = 0,9x9,0 m.
1171+00																						11,0	
1171+00									x														A = 0,9x2,8 m.
1171+00							x																A = 0,9x7,5 m.
1171+4,0				x																			A = 0,3x1,8 m.
1171+7,5			x																				A = 0,8x6,3 m.
1171+7,8							x																A = 1,0x3,6 m.
1171+10,4		x																					A = 0,2x0,2 m.
1171+10,8				x																			A = 0,5x1,5 m.
1171+11,0				x																			A = 0,5x1,8 m.
1171+11,3				x																			A = 0,5x0,3 m.
1171+11,6				x																			A = 0,5x0,3 m.
1171+11,9				x																			A = 0,5x0,3 m.
1171+12,1							x																A = 0,6x2,2 m.
1171+14,2							x																A = 0,5x0,5 m.
1171+14,0									x														A = 0,7x2,1 m.
1172+00																						2,0	
1172+1,6					x																		A = 0,4x2,90m.
1172+4,3		x																					A = 0,5x4,2 m.
1172+8,5				x																			A = 0,5x2,5 m.
1172+9,7		x																					A = 0,7x0,2 m.

Fonte: Aguiar (2017).

Quadro A. 25 – Inventário do levantamento dos defeitos superficiais de 2017: faixa Garuva-Itapoá (continuação)

Rodovia:	SC-416 / Itapoá					Operador:					Laboratório de Pavimentação da UFSC												
Trecho:	Segmento monitorado 1					Revestimento tipo:					Asfalto-borracha e= 6cm												
Data:	05/05/17					Estaca inicial:					1170+00		Estaca final:		1185+00		Faixa:		Garuva-Itapoá				
Estaca	Trincas										Afundamentos				Outros defeitos						Trilha de roda		Observação
	Isoladas						Interligadas				Plástico		Cons.		O	P	E	EX	D	R	TRI (mm)	TRE (mm)	
	FC-1						FC-2		FC-3		ALP	ATP	ALC	ATC									
	F1	TTC	TTL	TLC	TLL	TRR	J	TB	JE	TBE													
1172+10,6				x																			A = 0,3x0,2 m.
1172+13				x																			A = 0,5x0,2 m.
1172+13,7				x																			A = 0,3x0,2 m.
1172+13,8																			x				A = 0,9x2,2 m.
1172+14,0				x																			A = 0,9x4,6 m.
1172+18,3		x																					A = 0,5x0,4 m.
1172+19,0		x																					A = 0,9x1,0 m.
1172+19,4		x																					A = 0,6x0,2 m.
1172+19,5																			x				A = 0,9x1,5 m.
1173+00																						1,0	
1173+00					x																		A = 0,9x2,4 m.
1173+2,0		x																					A = 0,7x0,3 m.
1173+3,1		x																					A = 0,4x0,2 m.
1173+3,3							x																A = 0,3x0,5 m.
1173+3,4		x																					A = 0,7x0,3 m.
1173+4,0							x																A = 1,3x0,9 m.
1173+5,3		x																					A = 0,3x0,2 m.
1173+7,5		x																					A = 0,2x0,2 m.
1173+7,9		x																					A = 1,0x0,6 m.
1173+9,1		x																					A = 0,3x0,2 m.
1173+9,6		x																					A = 0,9x0,8 m.
1173+10,3			x																				A = 2,2x0,5 m.
1173+12,9		x																					A = 0,4x0,2 m.
1173+13,6		x																					A = 1,2x0,4 m.
1173+15,0		x																					A = 0,6x0,9 m.
1173+15,7							x																A = 4,3x0,9 m.

Fonte: Aguiar (2017).

Quadro A. 26 – Inventário do levantamento dos defeitos superficiais de 2017: faixa Garuva-Itapoá (continuação)

Rodovia:	SC-416 / Itapoá					Operador:					Laboratório de Pavimentação da UFSC												
Trecho:	Segmento monitorado 1					Revestimento tipo:					Asfalto-borracha e= 6cm												
Data:	05/05/17					Estaca inicial:					1170+00	Estaca final:	1185+00	Faixa:		Garuva-Itapoá							
Estaca	Trincas										Afundamentos				Outros defeitos						Trilha de roda		Observação
	Isoladas					Interligadas					Plástico		Cons.		O	P	E	EX	D	R	TRI (mm)	TRE (mm)	
	FC-1					FC-2		FC-3			ALP	ATP	ALC	ATC									
	F1	TTC	TTL	TLC	TLL	TRR	J	TB	JE	TBE													
1173+16,8		x																					A = 0,3x0,2 m.
1173+17,3		x																					A = 0,2x0,2 m.
1173+17,6		x																					A = 0,8x0,5 m.
1173+18,0							x																A = 1,0x1,6 m.
1174+00																						5,0	
1174+00							x																A = 1,0x4,0 m.
1174+00							x																A = 2,0x1,2 m.
1174+2,3									x														A = 3,8x1,3 m.
1174+4,0									x														A = 1,0x2,2 m.
1174+6,5							x																A = 1,1x1,0 m.
1174+6,7				x																			A = 0,5x0,2 m.
1174+9,2		x																					A = 0,6x0,4 m.
1174+11,0		x																					A = 0,6x1,9 m.
1174+13,0		x																					A = 0,3x0,5 m.
1174+13,5		x																					A = 0,3x0,4 m.
1174+14,0		x																					A = 0,4x0,5 m.
1174+14,0		x																					A = 0,3x0,4 m.
1174+14,6		x																					A = 0,2x0,4 m.
1174+15,0		x																					A = 0,4x0,2 m.
1174+17,0							x																A = 0,6x3,0 m.
1175+00																						1,0	
1175+00		x																					A = 0,7x0,2 m.
1175+0,2		x																					A = 0,9x0,2 m.
1175+1,0		x																					A = 0,2x0,6 m.
1175+1,0		x																					A = 0,4x0,6 m.
1175+1,4		x																					A = 0,3x0,2 m.

Fonte: Aguiar (2017).

Quadro A. 27 – Inventário do levantamento dos defeitos superficiais de 2017: faixa Garuva-Itapoá (continuação)

Rodovia:	SC-416 / Itapoá					Operador:					Laboratório de Pavimentação da UFSC												
Trecho:	Segmento monitorado 1					Revestimento tipo:					Asfalto-borracha e= 6cm												
Data:	05/05/17					Estaca inicial:					1170+00	Estaca final:		1185+00	Faixa:		Garuva-Itapoá						
Estaca	Trincas										Afundamentos				Outros defeitos						Trilha de roda		Observação
	Isoladas					Interligadas					Plástico		Cons.		O	P	E	EX	D	R	TRI (mm)	TRE (mm)	
	F1	TTC	TTL	TLC	TLL	TRR	J	TB	JE	TBE	ALP	ATP	ALC	ATC									
1175+5,3		x																				A = 0,3x0,7 m.	
1175+5,4		x																				A = 0,2x0,3 m.	
1175+5,9		x																				A = 0,5x0,5 m.	
1175+7,0				x																		A = 0,2x0,7 m.	
1175+7,2							x															A = 3,0x0,9m.	
1175+11,2							x															A = 0,9x4,8 m.	
1175+16,0									x													A = 0,9x3,0 m.	
1175+19							x															A = 0,9x1,0 m.	
1176+00																				1,0			
1176+00							x															A = 1,6x0,9 m.	
1176+1,2				x																		A = 0,2x1,5 m.	
1176+4,2		x																				A = 0,2x0,2 m.	
1176+4,7		x																				A = 0,2x0,2 m.	
1176+13,3		x																				A = 0,4x0,2 m.	
1176+14,2									x													A = 1,0x1,5 m.	
1176+15,2									x													A = 0,6x4,8 m.	
1176+16,6									x													A = 1,2x2,5 m.	
1176+19,5		x																				A = 0,5x0,2 m.	
1177+00																				2,0			
1177+00									x													A = 1,3x0,6 m.	
1177+2,4									x													A = 0,7x2,4 m.	
1177+2,6		x																				A = 0,5x0,2 m.	
1177+5,2									x													A = 1,3x0,6 m.	
1177+6,9									x													A = 0,7x0,6 m.	
1177+7,7							x															A = 1,3x0,6 m.	
1177+8,8		x																				A = 0,2x0,4 m.	

Fonte: Aguiar (2017).

Quadro A. 28 – Inventário do levantamento dos defeitos superficiais de 2017: faixa Garuva-Itapoá (continuação)

Rodovia:	SC-416 / Itapoá						Operador:				Laboratório de Pavimentação da UFSC													
Trecho:	Segmento monitorado 1						Revestimento tipo:				Asfalto-borracha e= 6cm													
Data:	05/05/17						Estaca inicial:				1170+00	Estaca final:		1185+00	Faixa:		Garuva-Itapoá							
Estaca	Trincas										Afundamentos				Outros defeitos						Trilha de roda		Observação	
	Isoladas						Interligadas				Plástico		Cons.		O	P	E	EX	D	R	TRI (mm)	TRE (mm)		
	FC-1						FC-2		FC-3		ALP	ATP	ALC	ATC										
	F1	TTC	TTL	TLC	TLL	TRR	J	TB	JE	TBE														
1177+10,0									x														A = 3,7x0,9m.	
1177+10,2		x																						A = 0,8x0,2 m.
1177+11,0		x																						A = 1,4x0,9 m.
1177+13,7		x																						A = 0,7x0,4 m.
1177+18,0		x																						A = 0,8x0,4 m.
1177+18,9		x																						A = 0,5x0,7 m.
1177+19,7		x																						A = 0,2x0,4 m.
1178+00																						3,0		
1178+00		x																						A = 0,6x0,2 m.
1178+0,5		x																						A = 0,6x0,9 m.
1178+2,4		x																						A = 0,4x0,5 m.
1178+2,7		x																						A = 0,4x0,2 m.
1178+4,3		x																						A = 0,7x0,2 m.
1178+4,3		x																						A = 0,4x0,2 m.
1178+5,2				x																				A = 0,2x0,5 m.
1178+5,7		x																						A = 0,5x0,2 m.
1178+6,0		x																						A = 0,3x0,2 m.
1178+6,2		x																						A = 0,7x0,2 m.
1178+6,9		x																						A = 0,6x0,2 m.
1178+7,0		x																						A = 0,5x0,2 m.
1178+11,1		x																						A = 0,4x0,4 m.
1178+16,4							x																	A = 0,4x1,8 m.
1178+16,5		x																						A = 0,5x0,2 m.
1178+17,5		x																						A = 0,3x0,2 m.
1178+18,6							x																	A = 0,7x0,6 m.
1178+19,4		x																						A = 0,2x0,5 m.

Fonte: Aguiar (2017).

Quadro A. 29 – Inventário do levantamento dos defeitos superficiais de 2017: faixa Garuva-Itapoá (continuação)

Rodovia:	SC-416 / Itapoá					Operador:		Laboratório de Pavimentação da UFSC															
Trecho:	Segmento monitorado 1					Revestimento tipo:		Asfalto-borracha e= 6cm															
Data:	05/05/17					Estaca inicial:		1170+00	Estaca final:		1185+00	Faixa:		Garuva-Itapoá									
Estaca	Trincas									Afundamentos				Outros defeitos						Trilha de roda		Observação	
	Isoladas						Interligadas			Plástico		Cons.		O	P	E	EX	D	R	TRI (mm)	TRE (mm)		
	FC-1						FC-2		FC-3		ALP	ATP	ALC										ATC
	F1	TTC	TTL	TLC	TLL	TRR	J	TB	JE	TBE													
1178+19,6		x																					A = 0,4x0,2 m.
1179+00																					2,0		
1179+0,3		x																					A = 1,6x2,8 m.
1179+3,0		x																					A = 0,5x0,2 m.
1179+3,1		x																					A = 1,1x1,5 m.
1179+4,2									x														A = 0,6x0,5 m.
1179+4,9			x																				A = 1,0x0,4 m.
1179+5,7		x																					A = 0,6x0,2 m.
1179+6,4							x																A = 0,7x0,4 m.
1179+6,8					x																		A = 0,4x1,6 m.
1179+7,6		x																					A = 1,0x0,2 m.
1179+8,9				x																			A = 0,2x0,8 m.
1179+9,1			x																				A = 0,9x1,2 m.
1179+11,5		x																					A = 0,5x0,3 m.
1179+11,6		x																					A = 0,2x0,3 m.
1179+12,4							x																A = 3,1x1,0 m.
1179+14,0		x																					A = 0,7x0,5 m.
1179+17,0					x																		A = 3,0x0,4 m.
1179+18,3		x																					A = 0,6x2,2 m.
1180+00																					2,0		
1180+00		x																					A = 0,5x0,2 m.
1180+3,3		x																					A = 0,3x0,2 m.
1180+5,9							x																A = 0,9x0,6 m.
1180+6,5				x																			A = 0,5x0,6 m.
1180+7,1		x																					A = 0,2x0,5 m.
1180+7,8		x																					A = 0,6x0,2 m.

Fonte: Aguiar (2017).

Quadro A. 30 – Inventário do levantamento dos defeitos superficiais de 2017: faixa Garuva-Itapoá (continuação)

Rodovia:	SC-416 / Itapoá										Operador:				Laboratório de Pavimentação da UFSC														
Trecho:	Segmento monitorado 1										Revestimento tipo:				Asfalto-borracha e= 6cm														
Data:	05/05/17										Estaca inicial:				1170+00	Estaca final:				1185+00	Faixa:		Garuva-Itapoá						
Estaca	Trincas										Afundamentos				Outros defeitos						Trilha de roda		Observação						
	Isoladas						Interligadas				Plástico		Cons.		O	P	E	EX	D	R	TRI (mm)	TRE (mm)							
	FC-1						FC-2		FC-3		ALP	ATP	ALC	ATC															
	F1	TTC	TTL	TLC	TLL	TRR	J	TB	JE	TBE																			
1180+9,3		x																						A = 0,2x0,2 m.					
1180+10,0		x																						A = 0,4x0,3 m.					
1180+10,4							x																	A = 1,3x0,7 m.					
1180+11,9		x																						A = 0,4x0,9 m.					
1180+13,0									x															A = 4,0x0,7 m.					
1180+14,0		x																						A = 0,3x0,8 m.					
1180+15,0		x																						A = 0,8x1,2 m.					
1180+16,2		x																						A = 0,2x0,8 m.					
1180+17,5									x															A = 1,9x0,8 m.					
1180+17,8		x																						A = 0,4x0,8 m.					
1180+18,6		x																						A = 0,3x0,8 m.					
1180+19,4		x																						A = 0,6x0,7 m.					
1180+19,5		x																						A = 0,4x0,8 m.					
1181+00																						11,0							
1181+00							x																	A = 2,7x1,0 m.					
1181+00		x																						A = 1,3x0,7 m.					
1181+1,5							x																	A = 1,6x0,7 m.					
1181+2,7		x																						A = 0,9x0,7 m.					
1181+4,1		x																						A = 1,3x0,6 m.					
1181+4,2							x																	A = 0,6x0,7 m.					
1181+5,4							x																	A = 0,9x0,9 m.					
1181+5,4							x																	A = 2,2x0,7 m.					
1181+6,5		x																						A = 0,6x0,3 m.					
1181+7,3		x																						A = 0,4x0,7 m.					
1181+7,8		x																						A = 0,5x0,4 m.					
1181+7,9		x																						A = 0,7x0,5 m.					

Fonte: Aguiar (2017).

Quadro A. 31 – Inventário do levantamento dos defeitos superficiais de 2017: faixa Garuva-Itapoá (continuação)

Rodovia:		SC-416 / Itapoá								Operador:		Laboratório de Pavimentação da UFSC													
Trecho:		Segmento monitorado 1								Revestimento tipo:				Asfalto-borracha e= 6cm											
Data:		05/05/17								Estaca inicial:				1170+00		Estaca final:		1185+00		Faixa:		Garuva-Itapoá			
Estaca	Trincas										Afundamentos				Outros defeitos						Trilha de roda		Observação		
	Isoladas						Interligadas				Plástico		Cons.		O	P	E	EX	D	R	TRI (mm)	TRE (mm)			
	FC-1						FC-2		FC-3		ALP	ATP	ALC	ATC											
	F1	TTC	TTL	TLC	TLL	TRR	J	TB	JE	TBE															
1181+8,5		x																				A = 0,5x0,7 m.			
1181+8,6		x																				A = 0,5x0,6 m.			
1181+9,3							x															A = 1,3x0,6 m.			
1181+9,4		x																				A = 0,4x0,9 m.			
1181+10,4							x															A = 0,9x0,6 m.			
1181+11,9							x															A = 1,3x0,6 m.			
1181+13,2									x													A = 0,5x0,4 m.			
1181+13,5		x																				A = 0,9x1,0 m.			
1181+13,7							x															A = 3,2x1,0 m.			
1181+15,0		x																				A = 0,7x0,2 m.			
1181+16,0		x																				A = 0,6x0,2 m.			
1181+16,9									x													A = 0,3x0,7 m.			
1181+17,2		x																				A = 0,5x0,4 m.			
1181+17,2							x															A = 1,0x2,8 m.			
1181+18,0							x															A = 1,2x1,0m.			
1181+19,0		x																				A = 0,7x0,4 m.			
1182+00																				9,0					
1182+00									x													A = 1,0x6,4 m.			
1182+3,9		x																				A = 0,5x0,7 m.			
1182+4,9		x																				A = 0,3x0,3 m.			
1182+6,4							x															A = 1,8x1,0 m.			
1182+6,8		x																				A = 0,5x0,3 m.			
1182+8,2									x													A = 1,0x1,0 m.			
1182+9,2							x															A = 0,2x1,0 m.			
1182+9,7									x													A = 1,5x10,3 m.			
1182+10,1							x															A = 0,7x0,3 m.			

Fonte: Aguiar (2017).

Quadro A. 32 – Inventário do levantamento dos defeitos superficiais de 2017: faixa Garuva-Itapoá (continuação)

Rodovia:	SC-416 / Itapoá						Operador:				Laboratório de Pavimentação da UFSC												
Trecho:	Segmento monitorado 1						Revestimento tipo:				Asfalto-borracha e= 6cm												
Data:	05/05/17						Estaca inicial:				1170+00	Estaca final:		1185+00	Faixa:		Garuva-Itapoá						
Estaca	Trincas										Afundamentos				Outros defeitos						Trilha de roda		Observação
	Isoladas						Interligadas				Plástico		Cons.		O	P	E	EX	D	R	TRI (mm)	TRE (mm)	
	FC-1						FC-2		FC-3		ALP	ATP	ALC	ATC									
	F1	TTC	TTL	TLC	TLL	TRR	J	TB	JE	TBE													
1182+10,7									x														A = 4,3x1,2 m.
1182+15,0							x																A = 1,8x1,0 m.
1182+16,8		x																					A = 0,5x3,2 m.
1183+00																						10,0	
1183+00									x														A = 0,9x2,5 m.
1183+00		x																					A = 1,8x1,0 m.
1183+1,8							x																A = 2,0x1,2 m.
1183+2,6		x																					A = 0,5x0,4 m.
1183+3,1							x																A = 0,6x1,6 m.
1183+4,3							x																A = 1,0x1,0 m.
1183+5,3		x																					A = 0,8x0,2 m.
1183+5,6		x																					A = 0,2x0,2 m.
1183+6,3		x																					A = 0,7x0,2 m.
1183+6,8							x																A = 0,7x0,7m.
1183+6,8		x																					A = 0,9x0,3 m.
1183+7,9		x																					A = 0,6x0,5 m.
1183+9,1		x																					A = 0,4x0,8 m.
1183+10,1		x																					A = 0,2x0,4 m.
1183+10,8		x																					A = 0,6x0,2 m.
1183+11,8		x																					A = 0,2x0,2 m.
1183+12,2		x																					A = 0,5x0,5 m.
1183+12,5		x																					A = 0,8x0,4 m.
1183+13,7		x																					A = 1,0x0,4 m.
1183+14,1		x																					A = 1,1x0,2 m.
1183+14,7		x																					A = 0,6x0,2 m.
1183+15,0		x																					A = 0,5x3,9 m.

Fonte: Aguiar (2017).

Quadro A. 33 – Inventário do levantamento dos defeitos superficiais de 2017: faixa Garuva-Itapoá (continuação)

Rodovia:	SC-416 / Itapoá										Operador:				Laboratório de Pavimentação da UFSC											
Trecho:	Segmento monitorado 1										Revestimento tipo:				Asfalto-borracha e= 6cm											
Data:	05/05/17										Estaca inicial:				1170+00		Estaca final:		1185+00		Faixa:		Garuva-Itapoá			
Estaca	Trincas										Afundamentos				Outros defeitos						Trilha de roda		Observação			
	Isoladas					Interligadas					Plástico		Cons.		O	P	E	EX	D	R	TRI (mm)	TRE (mm)				
	FC-1					FC-2		FC-3		ALP	ATP	ALC	ATC													
	F1	TTC	TTL	TLC	TLL	TRR	J	TB	JE					TBE												
1183+16,0		x																						A = 0,7x0,2 m.		
1183+17,4		x																						A = 0,7x0,2 m.		
1183+19,0		x																						A = 0,3x0,2 m.		
1183+19,3		x																						A = 0,7x0,2 m.		
1184+00																						10,0				
1184+00		x																						A = 0,6x0,8 m.		
1184+00		x																						A = 1,1x0,6 m.		
1184+2,7		x																						A = 0,4x2,2 m.		
1184+5,3		x																						A = 0,2x0,6 m.		
1184+6,2		x																						A = 0,6x0,3 m.		
1184+8,7		x																						A = 0,6x0,2 m.		
1184+10,2		x																						A = 0,2x0,2 m.		
1184+10,3		x																						A = 0,5x0,2 m.		
1184+13,0		x																						A = 0,2x0,3 m.		
1184+14,7		x																						A = 0,2x0,2 m.		
1185+00																						9,0				

Fonte: Aguiar (2017).

ANEXO B
Índice de Gravidade Global

Tabela B.1 – IGG: faixa Garuva-Itapoá (2012)

Item	Natureza do defeito	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	Índice de gravidade individual
1	(FC-1) TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	0	0	0,2	0,00
2	(FC-2), J, TB	1	12,5	0,5	6,25
3	(FC-3), JE, TBE	0	0	0,8	0,00
4	ALP/ATP-ALC/ATC	0	0	0,9	0,00
5	O, P, E	0	0	1,0	0,00
6	Ex	0	0	0,5	0,00
7	D	0	0	0,3	0,00
8	R	0	0	0,6	0,00
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TRE	F=0,563	-	1A (x) 1B ()	0,75
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	FV=0,396	-	2A (x) 2B ()	0,40
Número de estações inventariadas		8	Σ IGI = IGG		7,40
Conceito					Ótimo
1A) IGI = F * 4/3 quando F ≤ 30		2A) IGI = FV quando FV ≤ 50			
1B) IGI = 40 quando F > 30		2B) IGI = 50 quando FV > 50			

Fonte: Aguiar (2017).

Tabela B.2 – IGG: faixa Itapoá-Garuva (2012)

Item	Natureza do defeito	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	Índice de gravidade individual
1	(FC-1) TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	0	0	0,2	0,00
2	(FC-2), J, TB	0	0	0,5	0,00
3	(FC-3), JE, TBE	0	0	0,8	0,00
4	ALP/ATP-ALC/ATC	0	0	0,9	0,00
5	O, P, E	0	0	1,0	0,00
6	Ex	0	0	0,5	0,00
7	D	0	0	0,3	0,00
8	R	0	0	0,6	0,00
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TRE	F=0,938	-	1A (x) 1B ()	1,25
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	FV=0,596	-	2A (x) 2B ()	0,60
Número de estações inventariadas		8	Σ IGI = IGG		1,85
Conceito					Ótimo
1A) IGI = F * 4/3 quando F ≤ 30		2A) IGI = FV quando FV ≤ 50			
1B) IGI = 40 quando F > 30		2B) IGI = 50 quando FV > 50			

Fonte: Aguiar (2017).

Tabela B.3 – IGG: faixa Garuva-Itapoá (2015)

Item	Natureza do defeito	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	Índice de gravidade individual
1	(FC-1) TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	7	87,5	0,2	17,50
2	(FC-2), J, TB	2	25	0,5	12,50
3	(FC-3), JE, TBE	0	0	0,8	0,00
4	ALP/ATP-ALC/ATC	0	0	0,9	0,00
5	O, P, E	0	0	1,0	0,00
6	Ex	0	0	0,5	0,00
7	D	0	0	0,3	0,00
8	R	0	0	0,6	0,00
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TRE	F=4,938	-	1A (x) 1B ()	6,58
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	FV=5,796	-	2A (x) 2B ()	5,80
Número de estações inventariadas		8	Σ IGI = IGG		42,38
Conceito					Regular
1A) IGI = F * 4/3 quando F ≤ 30		2A) IGI = FV quando FV ≤ 50			
1B) IGI = 40 quando F > 30		2B) IGI = 50 quando FV > 50			

Fonte: Aguiar (2017).

Tabela B.4 – IGG: faixa Itapoá-Garuva (2015)

Item	Natureza do defeito	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	Índice de gravidade individual
1	(FC-1) TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	3	37,5	0,2	7,50
2	(FC-2), J, TB	1	12,5	0,5	6,25
3	(FC-3), JE, TBE	2	25	0,8	20,00
4	ALP/ATP-ALC/ATC	0	0	0,9	0,00
5	O, P, E	0	0	1,0	0,00
6	Ex	0	0	0,5	0,00
7	D	0	0	0,3	0,00
8	R	0	0	0,6	0,00
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TRE	F=3,375	-	1A (x) 1B ()	4,50
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	FV=3,85	-	2A (x) 2B ()	3,85
Número de estações inventariadas		8	Σ IGI = IGG		42,10
Conceito					Regular
1A) IGI = F * 4/3 quando F ≤ 30		2A) IGI = FV quando FV ≤ 50			
1B) IGI = 40 quando F > 30		2B) IGI = 50 quando FV > 50			

Fonte: Aguiar (2017).

Tabela B.5 – IGG: faixa Garuva-Itapoá (2016)

Item	Natureza do defeito	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	Índice de gravidade individual
1	(FC-1) TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	7	87,5	0,2	17,50
2	(FC-2), J, TB	4	50	0,5	25,00
3	(FC-3), JE, TBE	2	25	0,8	20,00
4	ALP/ATP-ALC/ATC	0	0	0,9	0,00
5	O, P, E	0	0	1,0	0,00
6	Ex	0	0	0,5	0,00
7	D	0	0	0,3	0,00
8	R	0	0	0,6	0,00
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TRE	F=6,406	-	1A (x) 1B ()	8,54
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	FV=8,641	-	2A (x) 2B ()	8,64
Número de estações inventariadas		8	Σ IGI = IGG		79,68
Conceito					Regular
1A) IGI = F * 4/3 quando F ≤ 30		2A) IGI = FV quando FV ≤ 50			
1B) IGI = 40 quando F > 30		2B) IGI = 50 quando FV > 50			

Fonte: Aguiar (2017).

Tabela B.6 – IGG: faixa Itapoá-Garuva (2016)

Item	Natureza do defeito	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	Índice de gravidade individual
1	(FC-1) TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	6	75	0,2	15,00
2	(FC-2), J, TB	3	37,5	0,5	18,75
3	(FC-3), JE, TBE	1	12,5	0,8	10,00
4	ALP/ATP-ALC/ATC	0	0	0,9	0,00
5	O, P, E	0	0	1,0	0,00
6	Ex	0	0	0,5	0,00
7	D	0	0	0,3	0,00
8	R	0	0	0,6	0,00
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TRE	F=5,844	-	1A (x) 1B ()	7,79
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	FV=8,991	-	2A (x) 2B ()	8,99
Número de estações inventariadas		8	Σ IGI = IGG		60,53
Conceito					Regular
1A) IGI = F * 4/3 quando F ≤ 30		2A) IGI = FV quando FV ≤ 50			
1B) IGI = 40 quando F > 30		2B) IGI = 50 quando FV > 50			

Fonte: Aguiar (2017).

Tabela B.7 – IGG: faixa Garuva-Itapoá (2017)

Item	Natureza do defeito	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	Índice de gravidade individual
1	(FC-1) TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	6	75	0,2	15,00
2	(FC-2), J, TB	5	62,5	0,5	31,25
3	(FC-3), JE, TBE	4	50	0,8	40,00
4	ALP/ATP-ALC/ATC	0	0	0,9	0,00
5	O, P, E	0	0	1,0	0,00
6	Ex	0	0	0,5	0,00
7	D	1	12,5	0,3	3,75
8	R	0	0	0,6	0,00
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TRE	F=5,688	-	1A (x) 1B ()	7,58
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	FV=18,896	-	2A (x) 2B ()	18,90
Número de estações inventariadas		8	Σ IGI = IGG		116,48
Conceito					Ruim
1A) IGI = F * 4/3 quando F ≤ 30		2A) IGI = FV quando FV ≤ 50			
1B) IGI = 40 quando F > 30		2B) IGI = 50 quando FV > 50			

Fonte: Aguiar (2017).

ANEXO C
Irregularidade longitudinal

Tabela C.1 – Irregularidade longitudinal

ESTACA	Faixa: Garuva-Itapoá			Faixa: Itapoá-Garuva		
	2014	2016	2017	2014	2016	2017
E-1170	3,35	3,71	4,01	1,99	1,99	2,24
E-1171	3,41	3,76	3,76	1,92	1,92	2,32
E-1172	1,98	1,98	2,66	1,33	2,05	2,64
E-1173	1,58	1,82	1,82	1,14	2,26	2,26
E-1174	2,51	2,51	2,51	1,67	3,33	3,33
E-1175	2,08	2,08	2,08	2,28	2,28	2,28
E-1176	1,52	2,24	2,24	1,86	2,02	2,17
E-1177	3,13	3,13	3,13	1,20	1,68	2,16
E-1178	2,61	2,61	3,06	1,19	1,61	1,73
E-1179	1,88	2,72	2,74	1,39	2,35	2,35
E-1180	1,86	2,14	2,34	3,33	3,33	3,33
E-1181	1,44	2,42	3,45	1,72	2,05	3,40
E-1182	2,09	5,25	5,94	2,08	2,08	2,85
E-1183	4,24	4,24	4,24	2,27	2,27	2,27
E-1184	1,55	2,27	2,27	1,44	2,65	2,65
E-1185	2,11	3,76	4,45	2,58	2,58	2,58
Média (mm)	2,33	2,92	3,17	1,84	2,28	2,54
Desvio Padrão (mm)	0,81	0,97	1,09	0,59	0,49	0,48

Fonte: Elaboração própria.

ANEXO D

Afundamento de trilha de roda

Tabela D.0 – Afundamento de trilha de roda externa (mm): treliça

	2012		2015		2016		2017	
ESTACA	Garuva-Itapoá	Itapoá-Garuva	Garuva-Itapoá	Itapoá-Garuva	Garuva-Itapoá	Itapoá-Garuva	Garuva-Itapoá	Itapoá-Garuva
E-1170	0,0	0,0	9,0	2,0	11,5	6,0	12,0	6,0
E-1171	0,0	2,0	7,0	3,0	8,5	6,0	11,0	6,0
E-1172	0,0	2,0	3,0	3,0	3,5	11,0	3,5	11,0
E-1173	1,0	2,0	4,0	4,0	6,5	11,0	6,5	11,0
E-1174	2,0	1,0	3,0	1,0	4,5	8,0	5,0	10,0
E-1175	1,0	1,0	5,0	1,0	5,0	7,0	5,0	7,0
E-1176	0,0	0,0	3,0	1,0	3,5	8,0	3,5	9,0
E-1177	0,0	0,0	2,0	3,0	2,5	6,5	2,5	9,0
E-1178	1,0	1,0	4,0	3,0	4,5	7,0	4,5	9,0
E-1179	0,0	1,0	2,0	3,0	4,0	4,0	4,0	4,0
E-1180	0,0	0,0	4,0	1,0	6,0	1,0	6,0	1,0
E-1181	1,0	1,0	6,0	1,0	8,0	1,0	11,0	1,0
E-1182	0,0	2,0	7,0	2,0	10,0	2,0	10,0	2,0
E-1183	1,0	1,0	9,0	3,0	11,0	5,0	11,0	5,0
E-1184	1,0	0,0	8,0	3,0	9,5	6,0	10,0	6,0
E-1185	1,0	1,0	3,0	4,0	4,0	4,0	9,0	4,0
Média (mm)	0,56	0,94	4,94	2,38	6,41	5,84	7,16	6,31
Desvio Padrão (mm)	0,63	0,77	2,41	1,09	2,94	3,00	3,31	3,34
Variância	0,40	0,60	5,80	1,18	8,64	8,99	10,92	11,16

Fonte: Elaboração própria.

ANEXO E

Aderência pneu-pavimento

Tabela E.1 – Valores de macrotextura

ESTACA	HS (mm)				VRD Convertido - HS (mm)		MPD (mm)	
	2014		2015		2016		2016	
	Garuva-Itapoá	Itapoá-Garuva	Garuva-Itapoá	Itapoá-Garuva	Garuva-Itapoá	Itapoá-Garuva	Garuva-Itapoá	Itapoá-Garuva
E-1170	-	-	0,41	0,54	1,00	0,65	1,00	0,56
E-1171	-	-	-	-	1,14	0,75	1,18	0,69
E-1172	-	-	-	-	0,81	0,83	0,76	0,79
E-1173	-	-	0,45	0,51	0,82	0,73	0,77	0,66
E-1174	-	-	-	-	1,02	0,65	1,03	0,56
E-1175	0,49	0,59	-	-	1,13	0,70	1,16	0,62
E-1176	-	-	0,45	0,45	0,84	0,76	0,80	0,70
E-1177	-	-	-	-	0,94	0,72	0,92	0,65
E-1178	-	-	-	-	0,82	0,60	0,78	0,50
E-1179	-	-	0,48	0,54	0,79	0,65	0,74	0,56
E-1180	0,53	0,54	-	-	0,74	0,64	0,67	0,55
E-1181	-	-	-	-	0,74	0,67	0,68	0,59
E-1182	-	-	0,47	0,50	0,75	0,69	0,69	0,61
E-1183	-	-	-	-	0,95	0,68	0,94	0,60
E-1184	-	-	-	-	1,05	0,65	1,06	0,56
E-1185	0,48	0,48	-	-	1,28	0,63	1,35	0,54
E-1190	0,44	0,44	-	-	-	-	-	-
Média (mm)	0,49	0,51	0,45	0,51	0,93	0,69	0,91	0,61
Desvio Padrão (mm)	0,04	0,07	0,03	0,04	0,16	0,06	0,21	0,07

Fonte: Elaboração própria.

Tabela E.2 – Valores de microtextura

ESTACA	Grip Tester				Pêndulo Britânico		Grip Tester			
	2014				2015		2016			
	Garuva-Itapoá		Itapoá-Garuva		Garuva-Itapoá	Itapoá-Garuva	Garuva-Itapoá		Itapoá-Garuva	
	GN	V (km/h)	GN	V (km/h)	HS (mm)	HS (mm)	GN	V (km/h)	GN	V (km/h)
E-1170	0,65	22,00	0,55	23,00	61,50	59,00	0,54	24,00	0,59	24,00
E-1171	0,63	23,00	0,56	24,00	-	-	0,55	24,00	0,60	24,00
E-1172	0,67	23,00	0,55	24,00	-	-	0,56	24,00	0,58	24,00
E-1173	0,63	24,00	0,57	24,00	64,50	61,25	0,54	24,00	0,55	24,00
E-1174	0,64	25,00	0,54	23,00	-	-	0,55	24,00	0,54	24,00
E-1175	0,63	25,00	0,49	23,00	-	-	0,55	24,00	0,46	24,00
E-1176	0,63	24,00	0,50	23,00	59,75	63,50	0,56	24,00	0,58	24,00
E-1177	0,70	24,00	0,50	23,00	-	-	0,60	24,00	0,61	24,00
E-1178	0,69	24,00	0,50	24,00	-	-	0,62	24,00	0,59	24,00
E-1179	0,68	24,00	0,57	24,00	60,00	64,75	0,63	24,00	0,59	24,00
E-1180	0,67	24,00	0,57	25,00	-	-	0,62	24,00	0,59	24,00
E-1181	0,63	24,00	0,57	25,00	-	-	0,60	24,00	0,59	24,00
E-1182	0,64	24,00	0,52	26,00	58,50	67,25	0,59	24,00	0,60	24,00
E-1183	0,63	24,00	0,52	27,00	-	-	0,59	24,00	0,59	24,00
E-1184	0,66	24,00	0,54	25,00	-	-	0,59	24,00	0,59	24,00
E-1185	0,67	24,00	0,53	23,00	59,25	64,50	0,58	24,00	0,59	24,00
Média (mm)	0,65		0,54		60,58	63,38	0,58		0,58	
Desvio Padrão (mm)	0,02		0,03		2,16	2,89	0,03		0,04	

Fonte: Elaboração própria.

Tabela E.3 – International Friction Index (IFI)

Garuva-Itapoá			Itapoá-Garuva		
2014	2015	2016	2014	2015	2016
0,34	0,19	0,44	0,31	0,22	0,39

Fonte: Elaboração própria.

ANEXO F
Levantamento deflectométrico

Tabela F.1 – Deflexões D0 ($\times 10^{-2}$ mm)

ESTACA	2014		2016		2017	
	Garuva-Itapoá	Itapoá-Garuva	Garuva-Itapoá	Itapoá-Garuva	Garuva-Itapoá	Itapoá-Garuva
E-1170	43,00	37,90	49,40	43,50	46,00	36,00
E-1171	38,30	37,00	48,30	41,30	40,90	39,20
E-1172	31,60	39,00	35,30	53,50	37,70	47,90
E-1173	45,50	38,80	51,70	44,70	58,10	50,60
E-1174	47,90	51,20	59,10	55,20	75,70	55,00
E-1175	54,30	60,60	56,20	61,30	54,10	65,00
E-1176	48,60	50,70	53,20	50,10	54,90	47,30
E-1177	42,60	46,20	49,10	55,10	55,10	58,90
E-1178	56,80	50,60	62,30	53,00	62,60	53,30
E-1179	51,30	53,10	55,60	56,60	49,20	54,60
E-1180	41,50	41,20	46,30	46,70	44,40	52,50
E-1181	54,70	55,20	61,30	59,50	59,80	57,80
E-1182	60,60	58,10	65,00	63,10	56,60	62,80
E-1183	54,10	53,50	51,70	55,40	59,90	59,00
E-1184	58,40	53,20	60,70	60,70	59,10	62,40
E-1185	47,00	52,50	57,10	58,00	57,50	63,00
Média (mm)	48,51	48,68	53,89	53,61	54,48	54,08
Desvio Padrão (mm)	7,92	7,62	7,43	6,65	9,27	8,38

Fonte: Elaboração própria.

ANEXO G

Retroanálise

Tabela G.1 – Retroanálise: faixa Garuva-Itapoá (MR revestimento variável)

ESTACA	Módulo de Resiliência (Mpa)				RMS (μc)
	Revestimento	Base	Sub-base	Subleito	
E-1170	8.467,70	190,78	201,48	191,31	2,3649
E-1171	2.970,04	745,47	181,77	135,39	1,4932
E-1172	15.451,61	378,08	205,66	132,73	1,3877
E-1173	9.594,65	366,23	81,63	124,25	1,4335
E-1174	5.761,60	492,74	39,78	125,67	3,7930
E-1175	32.985,53	25,64	255,43	124,05	4,7904
E-1176	10.696,93	403,02	82,82	134,51	3,3726
E-1177	12.335,57	432,89	74,44	130,97	2,9051
E-1178	2.823,39	784,00	66,54	98,26	2,0652
E-1179	19.382,30	295,52	101,79	124,17	1,9467
E-1180	8.436,64	842,70	86,31	155,85	2,8340
E-1181	7.717,11	301,30	119,46	75,63	18,6344
E-1182	5.243,35	530,83	100,60	97,12	2,1530
E-1183	8.192,62	279,07	97,80	116,04	7,0697
E-1184	21.660,16	125,81	96,16	98,86	5,6138
E-1185	9.882,60	408,85	67,43	159,60	2,8129
E-1186	11.570,33	398,14	190,04	196,08	1,5277
Média	11.363,07	411,83	120,54	130,62	3,89
Desvio Padrão	7.557,38	221,26	61,71	31,67	4,11

Fonte: Elaboração própria.

Tabela G.2 – Retroanálise: faixa Garuva-Itapoá (MR revestimento fixo)

ESTACA	Módulo de Resiliência (Mpa)				RMS (μ c)
	Revestimento	Base	Sub-base	Subleito	
E-1170	3.159,00	435,80	149,90	217,56	5,6038
E-1171	3.159,00	735,93	178,55	136,33	1,5824
E-1172	3.159,00	1.021,92	165,22	146,36	3,7547
E-1173	3.159,00	678,87	71,34	135,78	4,7856
E-1174	3.159,00	634,74	37,78	133,96	5,2951
E-1175	3.159,00	1.020,70	53,88	180,60	7,2093
E-1176	3.159,00	776,21	72,37	147,77	2,8741
E-1177	3.159,00	885,11	64,70	145,10	4,7081
E-1178	3.159,00	758,87	65,07	99,73	2,1819
E-1179	3.159,00	1.030,62	78,64	142,78	5,5683
E-1180	3.159,00	1.239,99	84,11	161,37	3,1234
E-1181	3.159,00	878,74	59,04	117,88	3,7516
E-1182	3.159,00	661,78	96,49	99,78	2,4387
E-1183	3.159,00	518,15	83,57	126,53	8,2085
E-1184	3.159,00	858,95	60,27	123,23	2,7504
E-1185	3.159,00	740,17	59,57	178,63	4,6548
E-1186	3.159,00	852,11	159,09	215,52	3,4911
Média	3.159,00	807,57	90,56	147,58	4,23
Desvio Padrão	-	201,01	43,89	34,22	1,78

Fonte: Elaboração própria.

Tabela G.3 – Retroanálise: faixa Itapoá-Garuva (MR revestimento variável)

ESTACA	Módulo de Resiliência (Mpa)				RMS (µc)
	Revestimento	Base	Sub-base	Subleito	
E-1186	14.347,94	255,07	259,05	218,05	0,6690
E-1185	5.756,06	432,70	54,97	297,19	2,2144
E-1184	14.187,13	174,83	94,03	104,65	4,4313
E-1183	11.577,70	232,85	115,19	93,77	8,6606
E-1182	12.791,85	300,86	82,33	89,69	6,6057
E-1181	2.978,58	559,78	113,60	138,20	1,3401
E-1180	16.317,03	97,84	155,26	120,31	5,5700
E-1179	8.905,30	346,78	97,26	139,75	2,8728
E-1178	10.526,70	234,64	122,37	136,78	1,5886
E-1177	5.507,50	417,90	83,02	144,13	2,2906
E-1176	29.445,70	140,29	107,91	132,73	4,9588
E-1175	9.478,20	247,16	80,05	116,48	3,5057
E-1174	1.510,79	1.408,45	77,26	102,16	2,8850
E-1173	12.946,01	391,33	96,33	130,47	1,6628
E-1172	958,65	1.005,91	141,03	125,40	4,6532
E-1171	13.573,30	360,97	168,16	170,27	1,1314
E-1170	9.430,31	430,09	195,67	211,42	1,9911
Média	10.602,28	413,97	120,21	145,38	3,35
Desvio Padrão	6.724,12	329,01	50,91	53,04	2,18

Fonte: Elaboração própria.

Tabela G.4 – Retroanálise: faixa Itapoá-Garuva (MR revestimento fixo)

ESTACA	Módulo de Resiliência (Mpa)				RMS (µc)
	Revestimento	Base	Sub-base	Subleito	
E-1186	3.159,00	802,51	183,42	252,49	4,5505
E-1185	3.159,00	568,99	52,01	331,18	3,0843
E-1184	3.159,00	647,72	67,45	124,14	3,4615
E-1183	3.159,00	628,33	87,53	106,64	4,0330
E-1182	3.159,00	738,70	67,04	99,88	5,7359
E-1181	3.159,00	581,49	90,59	118,65	2,2692
E-1180	3.159,00	551,26	112,08	139,51	1,3451
E-1179	3.159,00	626,13	86,04	151,03	4,5090
E-1178	3.159,00	566,55	98,63	152,67	5,4266
E-1177	3.159,00	534,94	79,16	149,38	2,9303
E-1176	3.159,00	1.214,60	68,70	166,52	9,2082
E-1175	3.159,00	521,95	67,56	128,89	6,2936
E-1174	3.159,00	1.040,76	72,85	103,62	3,0507
E-1173	3.159,00	867,20	83,07	143,12	4,3715
E-1172	3.159,00	628,11	137,82	123,59	5,4295
E-1171	3.159,00	888,40	138,84	188,74	4,2866
E-1170	3.159,00	782,48	171,45	229,67	4,6817
Média	3.159,00	717,07	97,90	159,40	4,39
Desvio Padrão	-	194,75	38,29	60,96	1,79

Fonte: Elaboração própria.